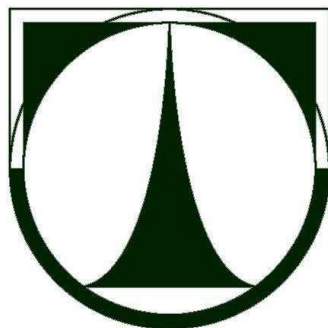


# Technická univerzita v Liberci

## Fakulta textilní

---



Studijní program: N3106 Textilní inženýrství  
Studijní obor: Textilní a oděvní technologie

### **Vliv geometrie (rozměrů) stříhacího nože na kvalitu vyřezávání u laminovaných dílů pro autosedačky**

The Effect of Cutting Tool Profile Geometry (Dimensions) on Cutting  
Quality of Car Seat Laminated Parts

Bc. Veronika Janů

KOD/2010/06/24/MS

Vedoucí práce: Doc. Ing. Antonín Havelka CSc.

Rozsah práce: 69 stran

Počet příloh: 4 přílohy

Počet obrázků: 28 obrázků

Počet tabulek: 1 tabulka

Počet grafů: 2 grafy

## P r o h l á š e n í

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121 /2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mě požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracovala samostatně s použitím literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

V Liberci, dne 12. 5. 2010

.....  
Podpis

### *Poděkování*

*Tímto bych chtěla poděkovat firmě Johnson Controls Česká Lípa za poskytnutí materiálu pro experimentální část diplomové práce a obzvlášť panu T. Moučkovi za cenné informace.*

*Také panu G. Geislerovi za konstrukci testovacího zařízení.*

*A v neposlední řadě chci poděkovat svému vedoucímu doc. Ing. A. Havelkovi CSc. za rady a podněty týkající se mé práce.*

*Zvláštní poděkování patří mé rodině a blízkým za finanční a morální podporu po celou dobu studia.*

*Děkuji*

## **ABSTRAKT**

Cílem této práce je optimalizace řezných rychlostí cutteru z hlediska kvality a vhodné nastavení ostřících cyklů nože cutteru v oddělovacím procesu.

V teoretické části této diplomové práce jsou popsány konvenční a nekonvenční metody oddělování textilních materiálů. Dále jsou uvedeny nabídky cutterů pro různé průmyslové odvětví od firem Assyst/Bullmer, Gerber Technology, Kuris Spezialmaschinen GmbH, Lectra a Expert Systemtechnik GmbH. Jsou zde uvedeny typy cutterů, jejich parametry a využití.

Ústřední část této diplomové práce se zaměřuje na problematiku ostření nástrojů.

Experimentální část diplomové práce pojednává o zařízení pro testování řezných podmínek pro materiály na autopotahy. Obsahuje také návrh měření, průběh měření a jeho následné vyhodnocení.

Výsledkem měření bylo vyhodnocení kvality řezu a navržení vhodné rychlosti posuvu do řezu. Porovnání rozdílů řezných podmínek u různých laminací. Dále bylo provedeno měření s cílem zjistit, kdy dojde k otupení nože. To by mělo pomoci ke správnému načasování ostření nože. Zbytečně častým ostřením dochází k rychlému opotřebení ostří nože, a tím ke zkrácení životnosti nože.

**KLÍČOVÁ SLOVA:** oddělování, teorie řezání, cutter, ostření nástrojů, automobilová sedadla, potahy automobilových sedadel

## **ABSTRACT**

The aim of this dissertation is to optimise cutting speed of cutter in terms of quality and appropriate setting of cutting tool grinding cycle during cutting process.

Conventional and non conventional methods of textile materials cutting are described in the theoretical chapter of this dissertation. There are examples of cutter machinery offers for different industry branches given by Assyst/Bullmer, Gerber Technology, Kuris Spezialmaschinen GmbH, Lectra and Expert Systemtechnik GmbH companies there. Cutter patterns, their specifications and possible utilization examples are given there, too.

Key chapter of this dissertation is focused on tools grinding issues.

Experimental part of this dissertation deals with devices for testing cutting conditions of materials used in construction of car seat covers. This part of dissertation includes measurement plan project, acquired data results and subsequent data assessment

The result of taken measurement is to assess cut quality, suggest an appropriate feed rate to cutting tool and to compare different cutting conditions acquired for different laminated fabric layer compositions. Further measurements were taken in the aim to ascertain the moment when cutting tool becomes blunt. This data should assist in a proper time setting of cutting tool grinding process. Unnecessarily frequent grinding of cutting tool causes undue wear of its edge and shortens significantly the tool life.

**KEY WORDS:** separation, cutter, cutting theory, sharpening tools, automotive seats, automotive seat covers

# Obsah

1.	Úvod	6
2.	Oddělovací proces	7
2.1.	Rozdělení oddělovacího procesu	7
2.1.1	Konvenční oddělovací metody - nožové	7
2.1.2.	Nekonvenční metody oddělování	18
2.2.	Teorie řezání oděvních materiálů	23
3.	Automatické řezací stroje (cuttery)	28
4.	Ostření řezných nástrojů	47
4.1.	Nože určené pro automatické řezací zařízení (cuttery)	48
4.2.	Ostření nožů u cutteru Lectra VectorAuto MX9	49
5.	Experimentální část	51
5.1.	Návrh měřicího zařízení	51
5.2.	Návrh metodiky měření	56
5.3.	Vlastní měření	58
6.	Diskuze výsledků	64
6.1.	Analýza vlivu rychlosti posuvu do řezu (přítlaku na řezání)	64
6.2.	Analýza vlivu broušení	65
6.3.	Doporučený návrh měření	65
7.	Závěr	68

Příloha č. 1 : Obrazová příloha – Fotografie testovacího zařízení

Příloha č. 2 : Rozbor materiálu použitého v experimentu

Příloha č. 3 : Průběh experimentu – tabulky

Příloha č. 4 : Porovnání průběhu měření – grafy

## **1. Úvod**

Řezání textilie na díly a dílce se může zdát jednoduchým každodenním úkolem, ale je to vlastně klíčový krok v procesu výroby.

V dnešní době každá firma usiluje o významné postavení na trhu. Jedním z prvotních požadavků je vysoká kvalita výroby. Zvýšením kvality výroby, se také zvýší konkurenceschopnost firmy na trhu. Zvýšení kvality výroby provází většinou i zvýšení nákladů na výrobu. Proto je nutná optimalizace výrobních procesů a snížení provozních nákladů.

Tato diplomová práce byla vypracována na žádost firmy Johnson Controls Česká lípa. Cílem je optimalizace oddělovacího procesu na cutteru pro materiály na automobilové potahy. Optimalizací řezných podmínek při oddělování dojde ke zvýšení produktivity. Zvýšení produktivity by měla přispět možnost zvýšení řezných rychlostí cutteru a správné načasování ostření nástroje. Časté ostření nástroje totiž zkracuje životnost nože a prodlužuje výrobní čas, což zvyšuje provozní náklady.

Pro zjišťování řezných podmínek a průběhu řezání bude navrženo testovací zařízení. K tomuto zařízení bude navržena metodika měření a vyhodnocení měření.

Cílem tedy bude zjištění neoptimálnějších řezných rychlostí z hlediska kvality a správné nastavení procesu ostření nástroje. Měření bude prováděno v jednom směru materiálu (proti osnově), pro dva druhy materiálů pro autopotahy (laminace 2mm a 8 mm), při různých výškách nálože a při různých rychlostech posuvu do řezu.

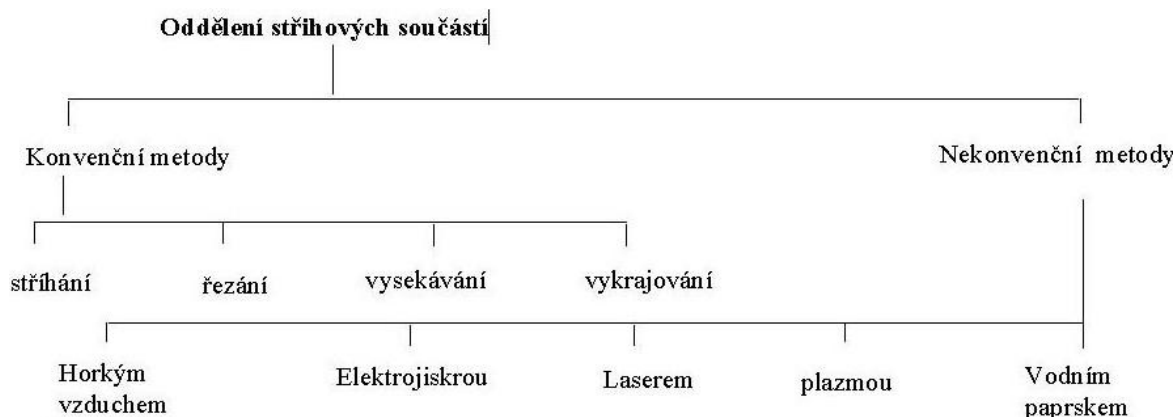
Pro zjištění správného načasování ostření nože bude prováděno řezání materiálu a zaznamenávání času potřebného k jeho oddělení. Vzárust času potřebného k oddělení (pokles rychlosti), bude známkou zvýšení odporu k řezání a tím otupení nože.

## 2. Oddělovací proces

Oddělovací proces je dílčí úsek v oděvní výrobě. Při oddělování je nutné zajistit přesné oddělení stříhových součástí ve tvaru odpovídajícím šabloně, při co nejmenší spotřebě materiálu. Stříhové součásti by měly mít netřepivé okraje. Měla by být také zajištěna co nejvyšší výtěžnost (co nejmenší odpad materiálu).[1]

Kvalitu oddělovacího procesu ovlivňuje délka nože, výška nálože, druh textilního materiálu, rozměry stříhových součástí a rychlost řezacího elementu.

### 2.1. Rozdělení oddělovacího procesu



Obr. 1: Rozdělení oddělovacích metod [1]

#### 2.1.1 Konvenční oddělovací metody - nožové

Mají neustále převahu nad nekonvenčními způsoby oddělování.

##### 2.1.1.1. Stříhání

Po dlouho dobu nejpoužívanější způsob oddělování. V dnešní době stříhání nahrazeno řezáním. Dodnes se však stříhání používá v malosériové nebo zakázkové výrobě.



### **Ruční nůžky**

➤ **Krejčovské**

Z fyzikálního hlediska pracují na principu oboustranné páky. Rozdělování materiálu se děje stříhem. Skládají se ze dvou čepelí, které k sobě těsně přiléhají. Délka čepele nůžek určuje délku ustříhnutého materiálu na jedno stisknutí rukojetí nůžek. Jsou zhotoveny z kvalitní oceli. [1]

➤ **Švadlenské**

Podobné jako nůžky krejčovské, ale v jednodušším provedení. Vyrábějí se v různých délkách čepelí.

➤ **Na odstříh konečků nití**

Tvarově odlišné od běžných nůžek. Navíc jsou opatřeny pružinou, která udržuje čelisti v rozevřené poloze. Čelisti vybroušeny pouze na koncích, směrem ke špičce čepele. [1]

➤ **Na odstříh vzorků oděvních materiálů**

Tyto nůžky mají tvarově upravené čelisti. Čepele jsou vybroušeny do zoubků nebo obloučků. Používají k ozdobnému odstřížení okrajů oděvních materiálů. [1]

### **Ruční elektrické nůžky**

#### **Kotoučové elektrické nůžky**

Tyto řezačky jsou vybaveny kotoučovým nožem, který zajišťuje řez svým otáčením. Nůž je jednostranně broušený, může být kulatý i vícehranný. Řezná síla, která vychází z otáček elektrického motoru přes soukolí, které mění vstupní otáčky motoru na otáčky nižší. Ze soukolí je síla přenášena přímo na kotoučový nůž. Řezačky jsou zpravidla vybaveny brousícím zařízením, jež umožní snadné nabroušení nože, dle potřeby. Pokud již nůž nedosedne vlivem opotřebení na protiosťří, je třeba tento nůž vyměnit za nový. Dále jsou řezačky vybaveny krytem nože. Tyto řezačky splňují požadavky na bezpečnou, a zároveň efektivní práci. Jejich konstrukce umožňuje řez více vrstev. [2]

#### Ruční vibrační elektrické nůžky

Tyto nůžky jsou vybaveny zpravidla nožem nůžkového typu. Řez je zajištěný vibracemi vrchního ostří proti ostří spodnímu, které bývá pevně spojeno s řezací hlavou.

Nůžky jsou určeny pro precizní a velice přesné stříhy. Jsou však limitovány zdvihem vibrujícího ostří a výkonem motoru. Nedokážou tak konkurovat kotoučovým řezačkám ve výšce řezu. Nevýhodou jsou vibrace přenášené na obsluhu a hluchost řezačky. [2]

#### **2.1.1.2. Vykrajování**

Tento způsob oddělování se využívá u výrobků z kompaktních materiálů, jako je kůže nebo silně impregnované materiály

Pro vykrajování využíváme velkoploché ruční vykrajovací nože (knejpy). [1]

#### **2.1.1.3. Řezání**

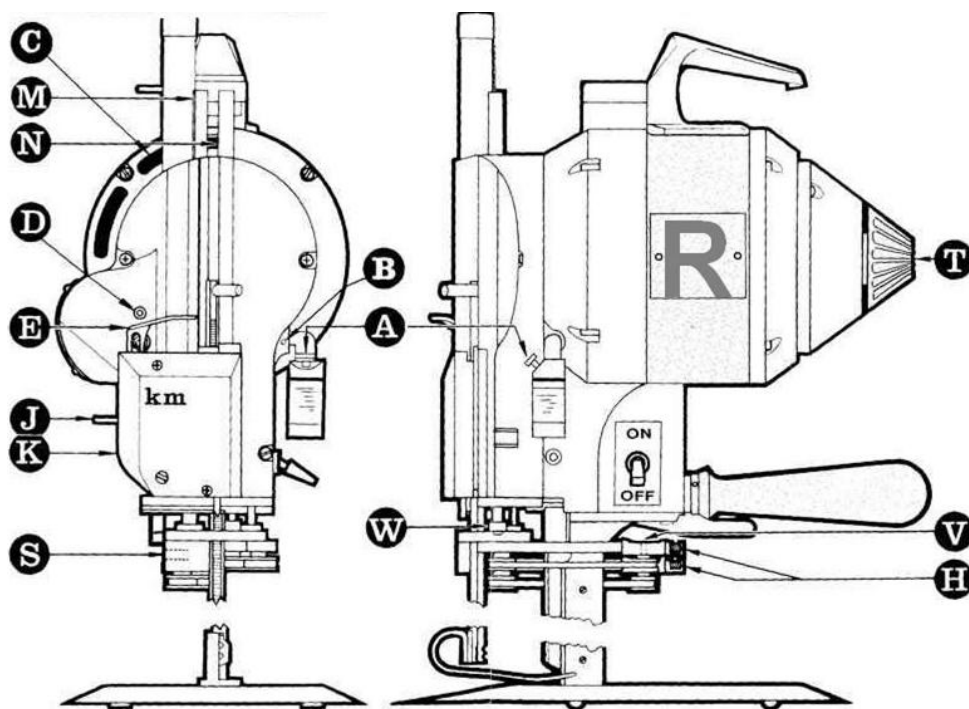
Řezání textilních materiálů je zatím nejvýhodnější a nejpoužívanější způsob oddělování. Nejlépe vyhovuje podmínkám a účelu použití.

#### Ruční řezačky s nožem přímým

Všechny stroje s vertikálním nožem se vyznačují tím, že řezou vrstvu materiálu kmitavými pohyby nože. Lze je použít téměř pro všechny textilní materiály. Tvar nože a rychlost pohybu nože musí být přizpůsobeny řezanému materiálu.

Řezačky využívají pro řez svislých kmitů nože vedeného v noze **S**. Motorická jednotka **A** je napojena na převodovku, která převádí točivý moment na kmity nože. U tohoto typu řezaček je použito většinou brusných pásek **W**, které brousí nůž oboustranně. Lze zvolit délku, šířku, tloušťku a tvar řezného elementu (nože). [2]

Tyto řezačky se používají pro detailní výřezy součástí. Při řezání vzniká nebezpečí posuvu vrstev materiálu, destrukce nebo otupení řezného elementu, nebo podříznutí stříhových součástí. [1]



Obr. 2: Ruční řezačka s nožem přímým [2]

#### Ruční řezačky s nožem kruhovým

Tyto řezačky jsou používány zejména tam, kde je třeba přesných, delších, rovných, zároveň však rychlých řezů a přířezů materiálu ve vyšší vrstvě. Tyto řezačky jsou vybaveny kluznou podstavou řezačky, která zajišťuje lehký pohyb řezačky po stole. Při nesprávném nastavení je řezaný materiál vtahován do stroje a oddělován nečistě.

Řezačky využívají k řezu kulatých a vícehranných nožů. Kulatý nůž zajišťí rovnoměrný řez materiálu. Je vhodný na většinu běžně řezaných materiálů. U vícehranných nožů každému typu řezačky odpovídá jiný, specifický typ nože. Vícehranný nůž vyžaduje protiostrí na podstavě řezačky. Zajišťuje řez podobný nůžkovému stříhu. Je vhodný u složitěji řezaných materiálů zejména syntetických vláken a jiných, kde je třeba rychlého a efektivního řezu.

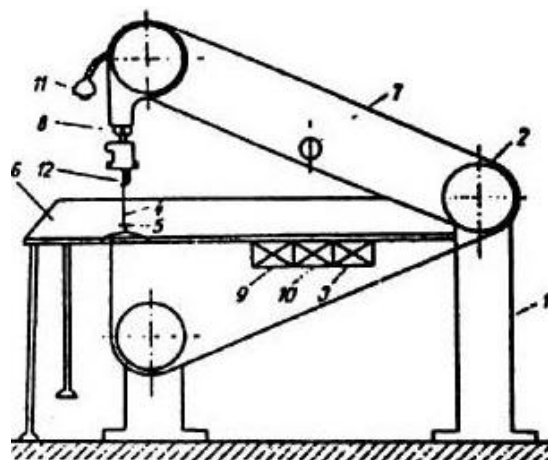
Nevýhodou velká nepřesnost u tvarového oddělování. Dořezávání součástí – kruhový nůž nedokrojí, nebo překrojí. Může dojít k hnutí materiálu před nožem. [2]

### Pásové řezací stroje stacionární

Patří mezi nejpoužívanější stacionární pracovní prostředky. Slouží k přesnému vyřezávání stříhových součástí v blocích. Výhodou je absolutně čistý řez bez otřepků i ve vyšších vrstvách nálože.

Stejnoseměrný pohyb pásového nože, působící pouze v jednom směru, má za následek přesně a kvalitně provedený řez. Masivně konstruovaný podstavec a stůl zaručují provoz bez vibrace.

Pásové řezací pily pro běžné materiály jsou většinou v bočním postavení, pro speciální účely možnost i čelního postavení. [1]



1. rám
2. soustava kladek
3. elektromotor
4. nůž
5. vytvarovaná destička
6. pracovní deska
7. zařiz. pro napínání a vypínání kladek
8. brousící zařízení
9. odsávač prachu
10. zařízení pro nadzvedávání vrstvy mat.
11. osvětlení
12. chránič prstů

Obr. 3: Náčrtek pásové pily [1]

## Cutter

Název z anglického cut – krájet. Cutter je počítačem řízený řezací stroj, který vyřezává díly z navrstvených materiálů (nálož) tenkým řezacím nástrojem. Řezný nástroj je umístěn v hlavě stroje a pohybuje se ve směru osy  $z$  (vertikálně). Hlava stroje se pohybuje po mostovém nosném rameni ve směru osy  $y$ . Mostové nosné rameno popojíždí po řezacím stole ve směru osy  $x$  (viz Obr. 4)

Cutter se skládá z několika hlavních pracovních prvků.

➤ Pracovní prvky

- Řezný nástroj - konvenční nebo nekonvenční dělič materiálu
- Pomocné nástroje – mezi pomocné nástroje patří vrtáky, průbojníky nebo popisovací tužka

➤ Pohybové prvky

- Hlava automatu – je to nosič pracovních prvků a transportní prvek cutteru ve směru osy  $y$  (šíře stolu)
- Nosné mostové rameno – nosič hlavy a transportní prvek cutteru ve směru osy  $x$  (délka stolu)

➤ Stabilní prvek

- Řezací stůl – pracovní plocha, na které je materiál oddělován. Jeho povrch je speciálně upravený pro určitý řezný nástroj.

➤ Ovládací a pomocné prvky

- Technické příslušenství – vodiče pohonných médií (elektrické energie, stlačený vzduch, aj.), nebo řezacích médií (voda, laserový paprsek), řídicí počítač automatu, komunikační portál, ostatní hardwarové příslušenství
- Programové příslušenství – software, systémové programy pro ovládání automatu [3]

### **Základní rozdělení řezacích automatů**

Řezací automaty lze rozdělit do několika skupin podle základních specifikací, které jsou určeny parametry a vlastnostmi strojů.

➤ Podle používaného řezného nástroje

- Konvenční – přímý nůž
- Nekonvenční – (laserový paprsek, vodní paprsek aj.)

➤ Podle maximální výšky nálože

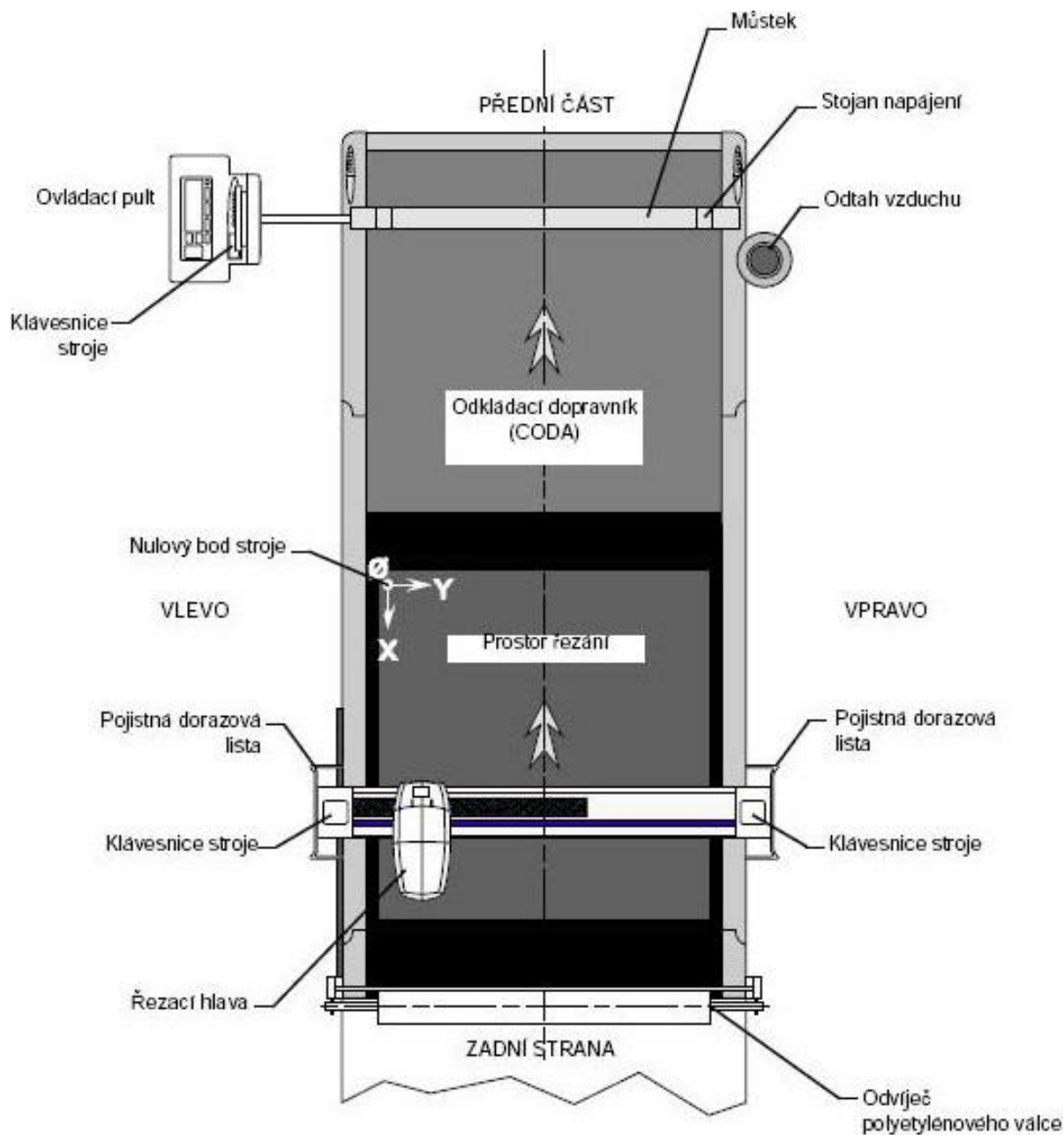
- Nízkovrstvé nálože (10 – 25 mm)
- Středněvrstvé nálože (25 – 55 mm)
- Vysokovrstvé nálože (55 – 75 mm)

➤ Podle konstrukce a druhů řezacích stolů

- Transversální konstrukce (pohyblivý na spec. kolejnicích )
- Statická konstrukce (fixace k podlaze)
  
- Stoly s pevným povrchem
- Stoly s konveyorovým povrchem (dopravníkový pás, na kterém se poloha automaticky pohybuje)
- Stoly se speciálním povrchem (stoly pro oddělování laserovým nebo vodním paprskem)
- Stoly s kartáčovým povrchem – tento povrch je určen pro cuttery s přímým nožem. Kartáče tvoří hrubé štětiny z polypropylénu, silné asi 1mm. Štětiny jsou hustě segmentovány v rámečku. Velikost rámečku se pohybuje podle typu cutteru 100 x 100 mm nebo 60 x 60 mm.

Nálož musí být podložena perforovaným papírem a shora překryta folií. Poté dojde k odsátí vzduchu turbínou – komprimování nálože).

Vakuum materiál stlačuje a zároveň jej pevně přidržuje. Tím se vyloučí možnost posunutí jednotlivých vrstev nálože. [3]



Obr. 4: Popis hlavních pracovních prvků cutteru [12]

#### **2.1.1.4. Vysekávání**

Pro tento způsob oddělování je třeba speciálních nástrojů stříhových součástí, které mají specifický tvar i velikost (raznic). Vysekává se raznicemi, které jsou buď kované (pro vysekávání jednotlivých stříhových součástí) nebo tvarované (pro vysekávání celých stříhových poloh).

Vysekávací stroje se uplatňují převážně tam, kde je zaručena určitá kontinuita výrobků stejného tvaru, zaručující ekonomiku této investice.

Stroje pro vysekávání oděvních materiálů se dělí:

- podle pohonu vysekávacích čelistí

- ruční
- mechanické (elektromotorem)
- hydraulické
- pneumatické

- podle tvaru vysekávací čelisti

- s výkyvným ramenem
- s pojízdným ramenem
- mostové

Používá se ve výrobě, kde se tvar vysekávané součásti nemění tak často. Například pro výrobu košil, vysekávání límců a manžet.

Velkou výhodou je vysoká přesnost. Výhodou je i možnost vícenásobného výseku, tzn. navrstvení více vrstev materiálu a jejich výsek v jedné operaci. Nevýhodou je velmi nákladná výroba raznic a vysoká hmotnost vysekávacích strojů. [1]



#### **2.1.1.5. Shrnutí:**

##### **Pravidla pro řezání textilních materiálů**

- Čím měkčí je řezaný materiál, tím větší řezná rychlost má být volena. Při řezání tvrdších materiálů má být rychlost řezání nižší. Čím měkčí materiál a rovnější řez, tím širší řezné elementy volíme.
- Rychlost posuvu materiálu je volena podle tuhosti řezaného materiálu. Při volném posuvu záleží na šikovnosti obsluhy.
- Čím větší je délka nože, tím větší může být výška nálože. Toto pravidlo je však omezeno řezným elementem.

##### **Řezání textilních materiálů pro autosedačky**

Řezání materiálů pro autopotahy ovlivňuje několik faktorů.

- **Vrchní textilie** – konstrukce vrchní textile (tkanina, pletenina, jejich dostava), konstrukce příze, materiálové složení.
  - **Pěna** - tloušťka pěny, objemová hmotnost pěny, typ pěny (ester, ether, polyetylen).
  - **Pošívka** - zda jde o výrobek s podšívkou či bez podšívky (osnovní nebo zátažná pletenina)
  - **Tvar stříhu** - jednoduchý tvar (možná vyšší rychlost řezání, více vrstev). Složitější tvar, kulaté, ostré rohy (variabilní rychlost řezání, s nižším počtem vrstev).
  - **Stroj** - rozměry nože, frekvence kmitání nože, rychlost posuvu nože, typ stroje
- [17]

#### **Výhody konvenčních způsobů oddělování**

- Detailní výstřih, možnost dostřihnoutí malých nerovností
- Možnost řezání všech textilních materiálů
- Nedochází k ožehu ani zápachu okrajů
- Možnost řezu ve vrstvách, větší výška nálože než u nekonvenčního oddělování
- Relativně levné a dostupné řezné elementy

#### **Nevýhody konvenčních způsobů oddělování**

- Může dojít k podřezání vrstev
- Otupení řezného elementu, nutnost broušení elementu a po opotřebení výměna
- Práce je namáhavější
- Značné vibrace, kmitání nože
- Otřepení okrajů materiálu

## **2.1.2. Nekonvenční metody oddělování**

Řez je vykonán tzv. fiktivním nástrojem. Tento nástroj se ztratí, pokud je jeho zdroj vypnutý. Výhodou nekonvenčního oddělování je, že nástroj nevyžaduje ostření a výměnu nástroje, jako tomu je u konvenčního oddělování.

Mezi nejpoužívanější nekonvenční metody oddělování textilií patří oddělování laserem a vodním paprskem.

### **2.1.2.1. Řezání laserovým paprskem**

Nejpoužívanější z nekonvenčních metod. Laserové oddělování je moderní, progresivní a přesná technologie pro dělení materiálu. Toto oddělování je založeno na optickém soustředění světelného paprsku do jednoho bodu (vysoce fokusovaný paprsek). V místě dopadu na materiál se paprsek promění na tepelnou energii. Elektromagnetický paprsek vznikne ve speciální výbojce a projde přes aktivní prostředí. Pomocí speciální fokusační čočky je paprsek zaostřen na povrchu materiálu do jednoho bodu.

Základem každého řezacího systému je zdroj laserového svazku tzv. rezonátor. Paprsek je z rezonátoru systémem zrcadel doveden až k řezací hlavě nesené na portálu řezacího stolu. Dnes užívané CNC stoly určené pro řezání ve 2D jsou v zásadě dvou koncepcí - s tzv. hybridní optikou, kdy v jedné ose vykonává pohyb upnutý materiál a v druhé se pohybuje řezná hlava nebo s tzv. létající optikou, kdy pohyb v obou osách vykonává řezná hlava. V řezné hlavě je paprsek zaostřen do technologicky přesně definovaného ohniska závislého na typu a tloušťce materiálu. [6]

Pro oddělování laserovým paprskem je potřeba, aby řezaný materiál měl malou tepelnou vodivost a obsahoval určitou část plastomerních vláken. Materiál v místě řezu je potřeba odpařit co nejrychleji a zasáhnout tak co nejmenší okolní oblast. Protože při laserovém oddělování dochází k tavení materiálu, vkládá se mezi jednotlivé vrstvy materiálu tenká folie nebo papír, které zabraňují spékání vrstev materiálu dohromady. Pro řezání různých tloušťek materiálů jsou určeny různé průměry výstupních plynových trysek.

#### Nejpoužívanější druhy laserů

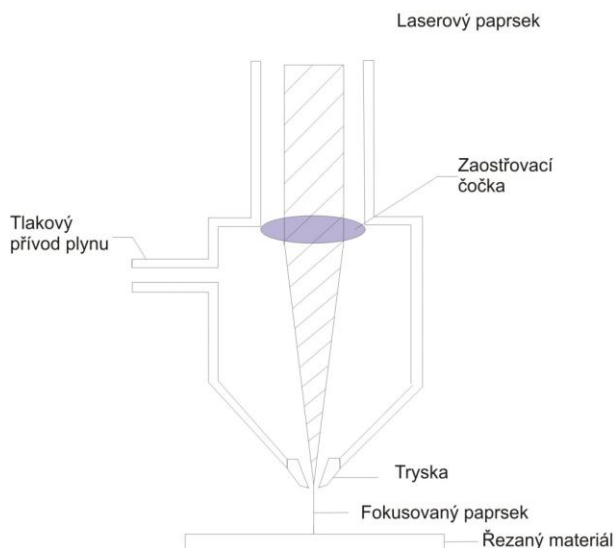
- **CO<sub>2</sub> laser** – plynový laser. Paprsek vzniká průchodem elektromagnetického záření přes aktivní prostředí (směs plynů – He, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>).  
CO<sub>2</sub> – hlavní složka, ze které se uvolňují částice infračerveného záření.  
He + N<sub>2</sub> – pomocné plyny.
- **Nd / YAG laser** – pevnolátkový laser. Paprsek vzniká průchodem elektromagnetického záření přes aktivní prostředí. Aktivním prostředím je krystal umělého granátu. Záření vzniká ve speciálních výbojkách nebo diodách. Používá se pro jemné a velmi přesné práce.

#### Rozdělení laserového řezacího procesu

- **Odpařování** (sublimační metoda) – Principem této metody laserového řezání je odpaření základního materiálu z řezné linie. Nevzniká téměř žádná tavenina. K tomuto procesu se většinou používá pulzních laserů. Sublimační řezání vyžaduje pečlivé nastavení optiky v závislosti na tloušťce materiálu. Výhodou této metody je ve výsledku precizní a úzký řez. Nevýhodou vysoká požadovaná energie. V dnešní době se využívá velmi málo. [5]
- **Tavení** – Nejpoužívanější způsob oddělování laserem pro textilie. Principem tavného laserového řezání je roztavení základního materiálu v úzké řezné linii, který je následně intenzivně unášen od řezné linie pracovním plynem (tlakový vzduch nebo dusík). Výhodou tavného laserového řezání je vyšší účinnost, tedy menší spotřeba energie v porovnání s dalšími metodami. [ 5 ]
- **Spalování** (tzv. „oxidační řezání „) – Exotermická reakce v místě působení. Tento proces je nejrychlejší, ale nepoužívá se u konfekce.

Tlak plynu a geometrie trysky ovlivňují kvalitu řezu. Koaxiálně s laserovým paprskem prochází proud ochranného plynu, který zabraňuje vzniku nežádoucího ožehu a zápachu (ochlazení řezu). Moderní řezací systémy navíc umožňují průběžně plynule měnit výkon laseru, rychlost posuvu a další parametry, jejichž optimální kombinace umožňuje stále přesnější a detailnější řezání se stále menším teplotním dopadem na výrobek i okolní materiál.[6]

Laserové řezání je díky průběžně se vyvíjející se technologii stále levnější a přitom stále přesnější a kvalitnější.



Obr. 5: Zobrazení řezací laserové hlavy

#### **Výhody laserového oddělování**

- Vysoká rychlost (až 9 m/min)
- Možnost vyřezání jakéhokoli tvaru (i složité křivkové řezy)
- Velmi malé šířky řezné mezery (0,1 – 1 mm)
- Možnost automatizace oddělování
- Vysoká kvalita řezu, přesnost řezu a jeho čistota
- Velmi nízká hlučnost
- Vysoká produktivita

#### **Nevýhody laserového oddělování**

- Velký vývin teploty, ale pouze v malé zóně v okolí řezu
- Omezená zaostřovací vzdálenost
- Možnost opálení okrajů a jejich zašpinění
- Spékání vrstev
- Nízká výška nálože

### **2.1.2.2. Oddělování vodním paprskem (HDM – HydroDynamic Machining)**

Tento proces řezání je v podstatě stejný jako vodní eroze v přírodě. Proud vody je však koncentrovaný a zrychlený pro lepší účinek.

Vodní paprsek vzniká průchodem změkčené tlakové vody skrz speciální trysku. Možnost použití abrazivního paprsku příměsí olivínové nebo granátové drti (částice mající ostré hrany). Brusná síla abrazivního vodního paprsku je stokrát ne-li tisíckrát silnější, než erozivní síla čistého vodního paprsku. Oba způsoby dělení, vodní i abrazivní dělení vodním paprskem mají své uplatnění. Zatímco je vodní paprsek vhodný na řezání měkkých materiálů, nachází abrazivní paprsek uplatnění pro řezání tvrdých materiálů, jako jsou kovy, kámen, kompozity a podobně.[7]

Tato metoda vyžaduje velké rychlosti vodního paprsku a jeho malý rozptyl. Vnější průměr zaostřovací trysky je 6,4 mm. Průměr vnitřní zaostřovací trysky je 0,8 – 1,6 mm. Délka trysky je proměnná. Šířka řezu materiálu je určena průřezem výstupní trysky a vzdáleností trysky od povrchu řezu. Vysoký tlak vodního paprsku, který činí více než 4000 bar, vede k tomu, že je materiál podél kontury řezu vodou strháván. Tloušťka vodního paprsku je přitom mezi 0,3 - 0,6 mm. Vzdálenost trysky od materiálu by neměla být větší než 10 mm.

Tlak vody je docílen speciální vysokotlakou pumpou. Voda je nejprve natlakována na první stupeň (asi 4 kPa). Tlakovými hadicemi je dopravena k pumpě. Tam je voda natlakována na druhý stupeň (200 – 600 M Pa). Poté je voda dopravena k pracovní trysce. Rychlost vodního paprsku je až čtyřnásobně vyšší než rychlost zvuku.

Systém tvoří uzavřený okruh ohledně vody a abraziva. Oproti trysce je umístěn lapač vodního paprsku (vana). Použitá voda je odčerpána, filtrována a znovu použita. Spotřeba vody je přibližně do 40 l / hod.

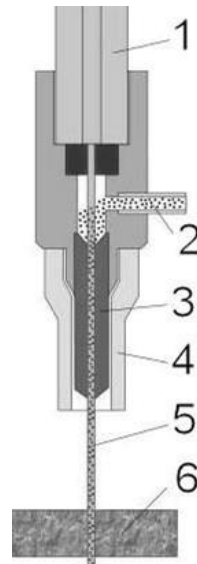
Vlastní efektivita procesu řezání materiálů vodním paprskem je ovlivněna těmito energetickými parametry: tlak vodního paprsku, průměr řezací trysky a vzdálenost mezi ústím trysky a řezaným materiálem.

Řezání vodním paprskem je možno použít pro speciální účely, kde hrozí možnost vznícení. Technologie vodního paprsku je velmi vhodná i pro nepřetržitý provoz.

Jako nejvhodnější materiály pro řezání vodním paprskem se zatím jeví polyuretanová pěna, syntetická nebo přírodní useň, textil ze syntetických vláken, polystyren a přírodní nebo syntetický kaučuk.

Popis k obrázku

1. Vysokotlaká pumpa
2. Abraziva
3. Směšovací trubice
4. Chránič
5. Vodní paprsek
6. Řezaný materiál [4]



Obr. 6: Tryska vodního paprsku [4]

**Výhody oddělování vodním paprskem**

- Velmi vysoká řezná rychlost (do 20m/min)
- Nedochází k tepelnému a mechanickému ovlivnění materiálu
- Vysoká přesnost a malé ztráty materiálu
- Při řezání nedochází k porušení povrchu materiálu (např. u impregnace)
- Lze řezat téměř cokoliv

**Nevýhody oddělování vodním paprskem**

- Mokrý proces řezání – vlhké okraje
- Vysoká hluchnost
- Ekonomická nákladnost
- Nevyužitelnost u vysokých náložích (omezení do 200mm)

### **2.1.2.3. Shrnutí:**

#### **Výhody nekonvenčních způsobů oddělování**

- Nedochází k posunu vrstev, minimální riziko podřezání vrstev
- Nedochází k otupení řezného elementu, odpadá jeho broušení a výměna
- Odstranění namáhavé práce
- Možnost automatizace
- Vysoká rychlost řezu
- Maximální využití a úspora materiálu
- Čisté řezy

#### **Nevýhody nekonvenčních způsobů oddělování**

- Dražší a méně dostupné technologie
- Nelze využívat ve vyšších vrstvách
- Smáčení nebo ožehnutí okrajů

## **2.2. Teorie řezání oděvních materiálů**

Řezný nástroj je aktivním prvkem výrobního procesu a jeho vlastnosti se výrazně projevují na kvalitě řezu i na výšce nákladů na řezání.

Mezi požadavky na nůž patří dobrá tvrdost, pevnost v ohybu, odolnost vůči opotřebení, odolnost vůči otěru a další.

Při řezání vniká klín nástroje do materiálu účinkem mechanické síly. Klín nástroje vniká do materiálu tím lépe, čím menší je úhel tohoto klínu. Velikost tohoto úhlu je podmíněna pevností nástroje a není teda možno jej zmenšovat libovolně.

V procesu řezání působí na břit řezného nástroje odporové síly, které brání jeho přesunu po dráze dané jeho pracovním pohybem. Tyto síly jsou v rovnováze se silami řezání a výslednici těchto sil označujeme, jako řeznou sílu  $F$ . Jedním zdrojem překážek řeznému pohybu je odpor řezaného materiálu podrobit se deformaci a dalším zdrojem jsou třecí síly na břitu nože.



Řezná síla je chápána jako řezný odpor materiálu proti řezání. Tento odpor má zásadní vliv na průběh opotřebení bříty a silové zatížení soustavy stroj – nástroj (nůž) – materiál.[8]

Při řezání oděvních materiálů se sledují v podstatě dvě hlediska.

➤ Geometrické

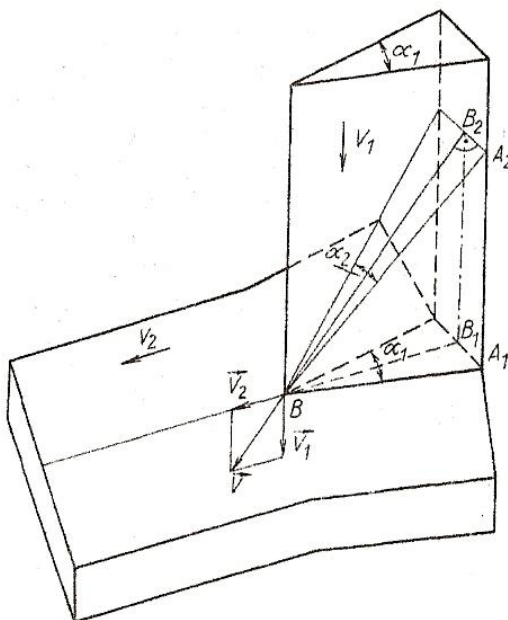
Lze formulovat jako požadavek co nejlepší kvality řezu.

➤ Silové (geometrické)

Říká, že vynaložená energie na pohyb nože má být úměrná dosahovanému účinku řezání.

Z geometrického hlediska vyplývá, že kvalita a čistota řezné plochy závisejí na velikosti tzv. pracovního úhlu řezu  $\alpha_2$  (viz. Obr. 7). Hodnotu tohoto úhlu jako funkci dalších parametrů charakterizujících řezání určíme z následujícího rozboru.

Řezný úhel, respektive úhel ostří nože je  $\alpha_1$  a pohybuje nekonstantní rychlostí  $v_1$  (viz. Obr. 7). Materiál je v klidu a nůž se pohybuje do řezu právě rychlostí  $v_2$ . Nůž pak koná současně pohyb ve směru vertikálním i ve směru horizontálním.



Obr. 7: Rozbor rychlostí nože [1]

Výsledná rychlost libovolného bodu ostří nože bude

$$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2 \quad \text{a její hodnota} \quad \left| \vec{v} \right| = \sqrt{v_1^2 + v_2^2}$$

Uvažujeme-li, že v řezu je celé ostří nože, pak bude dráha nože při pohybu do řezu dána úsečkou  $\overline{BB_1} = v_2 t$

Z trojúhelníku  $A_1 B_1 B$  pak plyne vztah

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha_1}{2} = \frac{A_1 B_1}{v_2 t}$$

Při výsledném pohybu daném rychlostí  $v$  bude dráha bodu  $B$  dána úsečkou  $\overline{BB_2}$ . Opět z trojúhelníku  $A_2 B_2 B$  plyne

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha_2}{2} = \frac{\overline{A_2 B_2}}{v_2 t} = \frac{\overline{A_2 B_2}}{t \sqrt{v_1^2 - v_2^2}}$$

Ze srovnání trojúhelníků  $A_1 B_1 B$  a  $A_2 B_2 B$  plyne  $\overline{A_1 B_1} = \overline{A_2 B_2}$ .

Po dosazení do rovnic a po úpravě dostaneme pro libovolný čas  $t$

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha_1}{2} v_2 t = \operatorname{tg} \frac{\alpha_2}{2} t \sqrt{v_1^2 - v_2^2}$$

respektive

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha_2}{2} = \operatorname{tg} \frac{\alpha_1}{2} \frac{v_2}{\sqrt{v_1^2 - v_2^2}}$$

Protože je  $\sqrt{v_1^2 - v_2^2} > v_2$ , bude vždy úhel  $\alpha_2 < \alpha_1$ . Znamená to tedy, že úhel řezu bude vždy menší, než je úhel ostří nože.

Se zřetelem k tomu, že při řezání je rychlost nože  $v_1$  podstatně větší než rychlost posuvu do materiálu  $v_2$ . Můžeme tedy rovnice psát s dostatečnou přesností ve tvaru

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha_2}{2} = \frac{v_2}{v_1} \operatorname{tg} \frac{\alpha_1}{2}$$

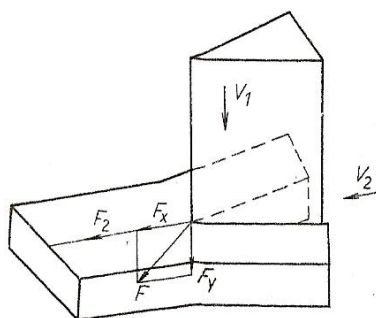
Z této rovnice vyplývá, že hodnota pracovního úhlu řezu  $\alpha_2$  je závislá na poměru rychlostí  $\frac{v_2}{v_1}$ . To znamená na poměru rychlosti posuvu k řezné rychlosti nože.

Při snaze dosáhnout co nejlepší kvality řezu je proto třeba, aby pracovní úhel řezu  $\alpha_2$  byl co nejmenší.

Hledisko kvality řezu a hospodárnosti řezání jsou v určitém směru protichůdné. Proto se v praxi musí volit při dané rychlosti nože  $v_1$  taková rychlost posuvu nože do řezu  $v_2$ , aby hodnota úhlu  $\alpha_2$  odpovídala současně jak požadované kvalitě řezu, tak hospodárnosti řezání.

Při rozboru silových účinků vznikajících při řezání, kde jde o poměrně složitý proces, budeme pro jednoduchost vycházet z předpokladu, že odporová síla při řezání je konstantní.

Na Obr. 8. jsou schematicky označeny síly  $F_2$  a  $F$ , působící na řezný nástroj, který se pohybuje v prvním případě jen ve směru do řezu (rychlost  $v_2$ ) při rychlosti nože  $v_1 = 0$ . A v druhém případě současně rychlostí  $v_1$  a  $v_2$ .



Obr. 8: Průběh sil působících na nůž [1]

Při  $v_1 = 0$ , a to za předpokladu, že  $F_2 = konst.$ , bude práce potřebná k rozřezání oděvního materiálu vyjádřena vztahem

$$A_2 = F_2 * s_2$$

kde  $s_2$  je dráha nože při jeho posuvu do řezu. Pohybuje-li se nůž současně rychlostí  $v_1$  bude práce potřebná k rozřezání materiálu

$$A = F * s$$

kde  $s = \sqrt{(v_1 t)^2 + (v_2 t)^2}$  při  $v_1 = konst.$  a  $v_2 = konst.$

Předpokládáme-li dále, že doba řezání v obou případech je stejná a že bude i stejná práce, dostaneme ze dvou předchozích rovnic vztah

$$F = F_2 \frac{v_2 t}{\sqrt{(v_1 t)^2 + (v_2 t)^2}}$$

Jak již bylo uvedeno pro  $v_1 \gg v_2$  lze tento vztah přepsat do tvaru  $F = F_2 \frac{v_2}{v_1}$

Pro  $v_1 > v_2$  to je  $\frac{v_2}{v_1} < 1$ , bude vždy  $F < F_2$ .

Tedy při rychlosti nástroje  $v_1$ , která je vždy větší než rychlost posuvu do materiálu  $v_2$ , bude síla potřebná k řezání vždy menší než řezná síla při nulové rychlosti nástroje.

Rozložíme-li sílu  $F$  do dvou složek  $F_x$  a  $F_y$ , přijímá složku síly  $F_y$  řezný nástroj a tato složka se nazývá odporová řezná síla. Složka síly  $F_x$  je odporovou silou vznikající při pohybu nože do materiálu. [1]

### **3. Automatické řezací stroje (cuttery)**

#### **3.1. Firma ASSYST/BULLMER (USA)**

Assyst/Bullmer je celosvětovým poskytovatelem inteligentních CAD/CAM řešení pro oděvní, nábytkářský a automobilový průmysl a technické konfekce.

Firma nabízí vysoký výkon, spolehlivost a funkčnost zařízení. Specializuje se na analýzu struktury automatizace stříhárny a řízení vývoje výrobku.

##### **3.1.1. Automatické zařízení pro řezání firmy Assyst/Bullmer**

##### **PROCUT M 3001, PROCUT L 5001 a PROCUT XL 7501** (i v prodloužených verzích)

Vysoce výkonný cutter nového designu pro střední až vysokou nálož. Nabízí dobrou kvalitu, flexibilitu, vysokou přesnost a spolehlivou produkci.

Zařízení se skládá ze tří navazujících částí. Nakládací části, efektivní řezné části a části pro třídění již vyřezaných dílů.

Integrované čištění conveyorového štětinového povrchu zaručuje jednoduchou údržbu.

Řezací stroj obsahuje vakuové zařízení. Filtrovaná vakuová turbína o výkonu 15 kW. Parametry vakua lehce nastavitelné dle řezaného materiálu.

Ostření nástrojů probíhá automaticky vlastními ostřicími disky, dle nastavení programu.

Pracovní šířka stolu volitelná 1,6 – 2,2 m, po 0,2 m krocích.

Řezná délka 1,8 / 2,5m, u prodloužené verze 12m speciálně pro automobilový a nábytkářský průmysl.

Maximální řezná rychlost 90 m/min, efektivní řezná rychlost 19,8 m/min

##### **PROCUT M3001, PROCUT L5001, PROCUT XL7501**

Maximální výška nálože	3 cm,	5 cm,	7,5 cm.
------------------------	-------	-------	---------

### **TURBOCUT XS 501 ST**

Zařízení pro řezání jedné vrstvy nebo nízké nálože. Lze použít pro rozmanité materiály zejména v konfekční výrobě (mikrovlákna, hedvábí, lycra, len aj.).

Výrobce zaručuje vysokou přesnost a výbornou kvalitu. Řeznou funkci vykonává vysoce frekvenční oscilační nůž. Ostření nástrojů probíhá automaticky vlastními ostřicími disky, dle nastavení programu.

Řezací stroj obsahuje integrované vakuové zařízení. Filtrovaná vakuová turbína o výkonu 15 kW. Parametry vakua lehce nastavitelné dle řezaného materiálu.

Maximální řezná rychlost 100 m/min

Volitelná pracovní šířka 1,6 / 1,8 / 2 / 2,2 m.

Efektivní řezná délka 2 / 3 m.

### **TURBOCUT S 2501 CV**

Automatické zařízení pro řezání středních náloží. Výrobce nabízí flexibilitu, vysokou rychlost, výbornou kvalitu řezu, produktivitu a nízké provozní náklady.

Nový design řezné hlavy. Nová hlava je extrémně pohyblivá a lehká. Řezací stroj obsahuje integrované vakuové zařízení. Filtrovaná vakuová turbína o výkonu 15 kW. Parametry vakua lehce nastavitelné dle řezaného materiálu. Nastavitelná regulace podtlaku pro laminované a pěnové materiály.

Zařízení sestaveno ze tří navazujících zón. Nakládací zóna, efektivní řezná zóna a zóna pro třídění již vyřezaných dílů (délka 1,4 / 1,7m).

Šířka pracovní plochy (volitelná) 1,6 / 1,8/2 m

Jednoduchá a rychlá výměna řezného nástroje. Ostření nástrojů probíhá automaticky vlastními ostřicími kotouči, dle nastavení programu.

Integrované čištění conveyorového štětinového povrchu zaručuje jednoduchou údržbu.

### **PREMIUMCUT**

Ideální zařízení pro rychlou výrobu s velkou variabilitou stylů a materiálů. Řezání materiálu z jedné vrstvy. Podávání materiálu přímo z role. Možnost navíjení, převíjení, skladování rolí materiálu, automatické i manuální měnění rolí.

Vhodné pro použití různorodých materiálů, skvělé i pro technické textilie a čalounění. Zařízení obsahuje integrovanou zónu pro třídění již vyřezaných dílů.

Řezací stroj obsahuje integrované vakuové zařízení. Filtrovaná vakuová turbína o výkonu 7,5 - 15 kW. Parametry vakua lehce nastavitelné dle řezaného materiálu.

Řezná hlava obsahuje kromě oscilačního nože vrták, pero, sprej pro značení švů a nástroj pro V zářezy.

Efektivní pracovní plocha 3,4 x 2 m



Obr. 9: Automatické zařízení pro řezání PREMIUMCUT [10]

### **3.1.2. Automatické zařízení pro řezání kůží firmy Assyst / Bullmer**

#### **Leather cutter**

Multifunkční zařízení pro řezání kůží. Zařízení vhodné pro výrobu prototypů nebo pro malé produkce v automobilovém nebo nábytkářském průmyslu

Po položení a vyrovnaní kůže na pracovní desku dojde ke seskenování kůže a označení vad. Vyhodnocení kůže proběhne během asi 15–20 s. Vady se klasifikují do třech tříd kvality. Poté proběhne sestavení stříhové polohy s ohledem na uložení zón vad (asi 1-2 minuty). [10]

### **3.2. Gerber Technology (USA)**

Software firmy Gerber Technology automatizuje koncepce, dezén, tvorbu šablon a vytváření stříhových poloh. Dále nabízí řadu automatizovaných zařízení pro nakládání materiálu a řezání materiálu se zvýšením produktivity a vysokou flexibilitou.

Tyto zařízení se využívají ve výrobě interiérů letadel, automobilů, pro řezání kompozit, průmyslových textilií, v nábytkářském průmyslu a v námořnictví.

#### **3.2.1. Automatické zařízení pro řezání firmy Gerber Technology**

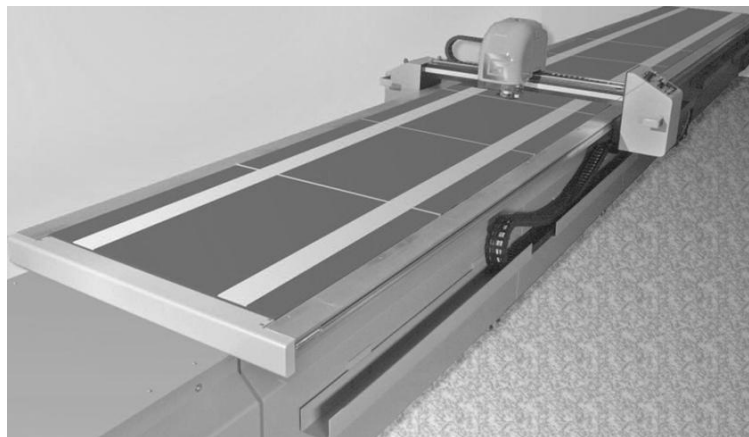
##### **GT 1000**

Automatické zařízení pro řezání kompozit, průmyslových textilií a oděvních materiálů. Pro řezání jedné nebo dvou vrstev materiálů.

Flexibilní konstrukce zařízení. Stroj umožňuje rozdělení na dvě oblasti, a to oblast řezání a oblast vychystávání materiálu. Řez vykonává kmitavý vertikální nůž. Rychlost kmitu nože a posunu nože do materiálu lze nastavit dle řezaného materiálu. Efektivní řezná plocha obsahuje 10 samostatných vakuových zón. Nálož materiálu nepotřebuje podkladový papír.

Max. řezná rychlost 46,2 m/min, zrychlení 3,7 m/s<sup>2</sup>

Efektivní pracovní plocha stolu 0,86 / 1,78 x 8,600 m



Obr. 10: Automatické zařízení pro řezání GT 1000 [11]



### **GTxL**

Automatické zařízení pro řezání nízkých náloží materiálu. Použití pro řezání kompozit, pro interiéry automobilů, nábytkářský průmysl a pro řezání průmyslových textilií.

Tento stroj má výkonný vakuový systém, který pevně drží materiál v průběhu řezu. Pro řezání kompozit a průmyslových textilií lze vyměnit běžný nůž za karbidový nůž, který má vyšší pevnost, lepší tepelné vlastnosti a vyšší trvanlivost. Rychlost kmitu nože a rychlost nože do řezu je volitelná dle právě řezaného materiálu.

Zařízení podává informace o celém průběhu procesu. Např. jak dlouho cutter pracoval, kolikrát byl zastaven jeho provoz, snížení průměrné řezné rychlosti apod.

Maximální výška nálože (komprimovaná) 2,5 cm

Maximální rychlost řezu 46,2 m/min

Pracovní plocha stolu 1,7 x 1,7 m

### **Série GT**

#### **GT 3250, GT 5250, GT 7250**

Automatické zařízení pro řezání oděvních materiálů, materiálů pro nábytek, interiéry automobilů, kompozity a průmyslové textilie.

Zařízení obsahuje šest samostatných vakuových zón. Řez vykonává dlouhý vertikální nůž. Rychlost kmitu nože a rychlost posunu nože lze nastavit podle řezaného materiálu.

Toto zařízení podává komplexní informace o celém průběhu procesu řezání.

	<b>GT 3250</b>	<b>GT 5250</b>	<b>GT 7250</b>
Max. výška nálože (komprim.)	3,2cm	5,2cm	7,2cm
Max. řezná rychlost	46,2 m/min	30 m/min	30 m/min
Zrychlení	3,7m/s <sup>2</sup>	2,4m/s <sup>2</sup>	2,4m/s <sup>2</sup>
Pracovní šířka stolu	volitelná 1,7 / 2 / 2,4 m		

### **XLc 7000**

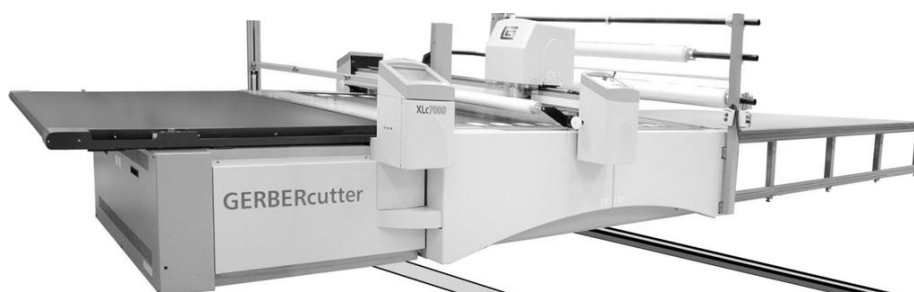
Automatické zařízení pro řezání průmyslových textilií a materiálů pro nábytkářský průmysl. Zařízení nabízí nízké počáteční investiční náklady a vynikající přesnost.

Zařízení je vybaveno tzv. „nožovou inteligencí“. Ta vyrovnává vychýlení nože z osy a zajišťuje přesnější řezání. Ostření nástrojů probíhá automaticky, dle nastavení programu. Celý proces řezání je monitorován a poskytuje komplexní přehled o procesu.

Max. výška nálože (komprim.) 7,2 cm

Max. řezná rychlost 30 m/min, zrychlení 2,4 m/s<sup>2</sup>

Efektivní řezná plocha 1,8 x 2 m



Obr. 11: Automatické zařízení pro řezání XLc 7000 [11]

### **Z7**

Automatické zařízení pro řezání průmyslových textilií a kompozit o větší tloušťce (laminátů, pěny, aj.). Cutter nového designu. Výrazné snížení spotřeby energie.

Cutter **Z7** poskytuje vysoce kvalitní výsledky i v nejnáročnějších aplikacích. Zařízení zaručuje vysokou přesnost, řezání i nejsložitějších tvarů, v různých vrstvách nálože

Zařízení obsahuje tzv. „nožovou inteligenci“, která zajišťuje vynikající přesnost a kvalitu řezu. Sofistikované softwarové algoritmy dokážou předvídat a vyhnout se deformaci během procesu řezání. Přináší až 10% zlepšení v procesu řezání. Kvalitu řezu zlepšuje i automatické ostření nožů, které je volně programovatelné. Rychlá výměna nožů (asi 10s).

Průbojníky lze vyrazit otvory o průměru 2–16 mm. Otvory o průměru vyšším než 14mm lze vyřezat.

Maximální výška nálože (komprimovaná) 7,2 cm

Efektivní pracovní plocha 1,8 x 2 m



Obr. 12: Automatické zařízení pro řezání Z7 [11]

## **S – 91**

Automatické zařízení pro řezání různorodých materiálů ve vysokých náložích. Nabízí velmi kvalitní a rychlé řezání pro tuhé a objemné materiály, vysokou flexibilitu a přesnost.

Zařízení obsahuje tzv. „nožovou inteligenci“, která zajišťuje vynikající přesnost a kvalitu řezu. Sofistikované softwarové algoritmy dokážou předvídat a vyhnout se deformaci během procesu řezání. Přináší až 10% zlepšení v procesu řezání. Další úspory přináší automatický režim úspory energie.

Kvalitu řezu zlepšuje i automatické ostření nožů, které je volně programovatelné.

Pro vytváření otvorů lze použít jednoduchý nebo duální vrták. Celý řezný proces monitorován (flexibilní kontrola), lze snížit – zvýšit rychlosti nože.

Max. výška nálože (komprimovaná) 7,6 cm

Max. rychlost řezu 30 m/min

Max. šířka řezné plochy 1,83 m

### **3.2.2. Automatické zařízení pro řezání laserem firmy Gerber Technology (KEEWA)**

#### **HICUT S 200**

Automatické zařízení pro řezání laserem. Toto zařízení řeže různé materiály, jako džínsovinu, materiály pro padáky, ale hlavně materiály pro airbasy. Nabízí vysokou produktivitu, vysokou přesnost (až 0,05 mm) a spolehlivost. Zaměřovací čočka 88,9 mm

Efektivní pracovní plocha 1,2 x 1,8 m

Max. řezná rychlost 30 m/min

Max. výška nálože 5 cm

Laserový zdroj 200 W RF Sealed Type Laser Head

Systémové napájení 220 VAC, 3 fáze, 60 Hz, 60 A



Obr. 13: Automatické zařízení pro řezání laserem HICUT S 200 [11]

### **3.2.3. Automatické zařízení pro řezání kůží firmy Gerber Technology**

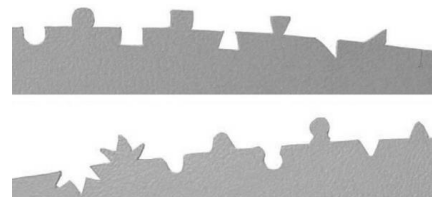
#### **Taurus s technologií PIVEX**

Automatické zařízení pro řezání kůží. Využití hlavně v automobilovém a nábytkářském průmyslu. Zařízení **Taurus s technologií PIVEX** nabízí vysokou přesnost a rychlost. Zaručuje ideální rovnováhu mezi náklady a výkonem.

Nůž s inovativní technologií **PIVEX** – PIVEX je nová technologie, která umožňuje zvýšení řezné rychlosti, zvyšuje kvalitu řezu a umožňuje velmi rychlou změnu směru řezu.

Po položení a vyrovnaní kůže na pracovní desku dojde ke seskenování kůže a označení vad. Lze porovnat počet chyb hlášených dodavatelem a reálně zjištěných na kůži. Barevné skenování pracuje s přesností 0,5 mm.

Zařízení je velmi efektivní, přesné a spolehlivé zařízení pro řezání kůží. Nabízí tvorbu nejrozličnějších zářezů, aniž by to snížilo řeznou rychlost.



Obr. 14: Možnost tvorby zářezů Taurus s technologií PIVEX [11]

Max. řezná rychlost 76,2 m/min, zrychlení 10,16 m/s<sup>2</sup>

Efektivní řezná plocha ve dvou provedeních 4,44 x 3 m, 7,4 x 3 m [11]

### 3.3. KURIS Spezialmaschinen GmbH (Německo)

Firma KURIS Spezialmaschinen GmbH nabízí komplexní program nakládací a řezací techniky. Zaručují vysokou kvalitou moderní techniky a technologie řízení.

Použití pro oděvní, automobilový a nábytkářský průmysl a průmyslové textilie.

#### 3.3.1. Automatické zařízení pro řezání firmy KURIS Spezialmaschinen GmbH

##### TEXCUT 3025, TEXCUT 3055, TEXCUT 3070

Automatické zařízení pro řezání fólií, skleněných vláken, materiálů pro automobilový, obuvnický a nábytkářský průmysl. Zařízení umožňuje řez smart nožem pro tvrdé materiály.

Max. rychlost řezání 45 m/min

Délka stolu 2,2 / 3,5 m

TEXCUT	3025	3055	3070
Max. výška nálože	2,5 cm	5,5 cm	7 cm

### 3.3.2. Automatické zařízení pro řezání kůže firmy KURIS Spezialmaschinen GmbH KORIUM

Automatické zařízení pro řezání kůží. Nabízí využití pro výrobce nábytku a automobilových interiérů. Zařízení je velmi flexibilní, má nízké provozní náklady, vysokou přesnost, neustálou kontrolu procesu a vysokou rychlost řezání.

Po položení a vyrovnaní kůže na pracovní desku dojde ke seskenování kůže a vyznačených vad. Poté proběhne sestavení stříhové polohy. Držení kůže na místě umožňuje výkonný vakuový systém. Řezná hlava zajišťuje nejvyšší kvalitu každému typu kůže.

Rozměr pracovní plochy 6,2 x 2,7 m

Max. řezná rychlost 60 m/min [13]

### 3.4. Lectra (Francie)

Firma Lectra je lídr ve výrobě technologických řešení, která automatizují a zefektivňují produkci. Software firmy poskytuje vše od návrhu výrobku až po výrobu.

Použití v nejrůznějších odvětvích. Ve výrobě obuvi, oblečení a doplňků, autopotahů a interiérů automobilů a letadel, nábytkářském průmyslu a řezání kompozit.

#### 3.4.1. Automatické zařízení pro řezání firmy Lectra

##### VectorAuto 2500, VectorAuto 5000, VectorAuto 7000

Automatické zařízení pro řezání těžkých materiálů (vinyl, pěnové materiály aj.) Nabízí vysokou flexibilitu a produktivitu. Celý proces řezání je monitorován. Ostření nástrojů lze naprogramovat dle řezaného materiálu. Zařízení obsahuje oscilační nůž a dvojité vrták.

Rozměr pracovní plochy 1,8 x 2,2 m

<b>VectorAuto</b>	<b>2500</b>	<b>5000</b>	<b>7000</b>
Max. výška nálože	2,5cm	5 cm	7 cm

### **VectorFurniture 2500, VectorFurniture 5000**

Automatické zařízení pro řezání, speciálně vyvinuté pro materiál na čalouněný nábytek. Nabízí vysokou produktivitu a dobrou kvalitu řezu i pro jemné materiály.

Umožňuje zpracovávat i vzorované materiály. Digitální kamera analyzuje přesnou pozici motivu na řezné ploše. Automatická kontrola stlačení vakuem a úprava hodnot stlačení. Vizuální kontrola procesu.

Max. výška nálože 2,5 cm

Efektivní pracovní plocha 1,8 / 2,2 x 1,8 m

### **VectorAuto FX, VectorFashion FX, VectorFurniture FX**

Nová generace cutterů s novým designem a modernizací. Všestranné a spolehlivé zařízení. Nabízí vysokou kvalitu, produktivitu a vysokou flexibilitu. Určeno pro malé série nebo střední výrobu. Pro použití v automobilovém průmyslu a ve výrobě nábytku.

Cuttery se od sebe liší použitým nožem. Řezná hlava obsahuje oscilační nůž a vrták. Široká škála nožů pro různé materiály a průmysly.

Filtrovaná vakuová turbína pro komprimaci materiálu má možnost vakuového posilovače. Celý proces řezání monitorován. Údaje o produkci a výkonu stroje.

Maximální výška nálože 2,5 cm

Rozměr pracovního stolu 1,8 x 1,7 m

### **VectorAuto M88, VectorFashion M88**

Automatické zařízení pro řezání objemných, ale stlačitelných materiálů (polyuretanové pěny). Toto zařízení zaručuje vysokou kvalitu řezu, vysokou produktivitu a nízké provozní náklady. Použití v hromadné výrobě.

Max. výška nálože 8 cm

Efektivní pracovní plocha 1,8 / 2,2 x 1,8 m

### **VectorAuto MH8, VectorFashion MH8, VectorFurniture MH8, VectorTechTex MH8**

Vysoce výkonný řezací automat pro hromadnou výrobu. Pro širokou škálu materiálů. Možnost řezání složitých tvarů. Nabízí vysokou flexibilitu, kvalitu řezu a snížení výrobních nákladů.

Zařízení má vysoce výkonnou řeznou hlavu, která obsahuje jeden oscilační nůž a horký vrták. Ostření nástroje je programovatelné podle řezaného materiálu.

Max. výška nálože 8 cm

Efektivní pracovní plocha 1,8 / 2,2 x 1,7 m

### **VectorAuto MX9**

Automatické zařízení pro řezání nové generace. Vhodný pro řezání těžkých materiálů. Možnost řezání i složitých tvarů. Poskytuje vysokou rychlost řezu a zároveň vysokou kvalitu. Zajišťuje vysokou produktivitu, kvalitu řezu a flexibilitu.

Možnost automatického čištění štětinového povrchu a variabilní kontroly podtlaku.

Max. výška nálože 9 cm

Max. rychlost nože 6000 kmitů/min

Efektivní pracovní plocha 1,8 / 2,2 x 1,7 m



### **3.4.2. Automatické zařízení pro řezání materiálů pro airbasy firmy Lectra**

#### **FocusAirbag HP**

Automatické zařízení pro řezání laserem. Použití pro střední produkci. Zaostřovací hlava s parabolickým zrcadlem pro zvýšení produktivity.

Efektivní pracovní šířka 2,4 m

Napájecí napětí 400 V, 50 / 60 Hz, 3 fáze

#### **FocusAirbag XHP**

Automatické zařízení pro řezání laserem. Nejproduktivnější pro hromadnou výrobu airbagů. Zaostřovací hlava s parabolickým zrcadlem pro zvýšení produktivity. Efektivní systém pro vykládku nařezaných dílů.

Efektivní pracovní plocha 2,4 x 2,5 m

Napájecí napětí 400 V, 50 / 60 Hz, 3 fáze



Obr. 15: Automatické zařízení pro řezání laserem FocusAirbag XHP [12]

### **3.4.3. Automatické zařízení pro řezání kůží firmy Lectra**

#### **MFC LeatherAuto a MFC Furniture**

Plně automatický systém pro řezání kůží a tkanin. Určen pro malou a střední výrobu.

Po položení a vyrovnaní kůže na pracovní desku inspekčního stolu (offline) dojde ke seskenování kůže a vyznačených vad. Systém pak vyhodnotí využitelný prostor a kvality

zón. Čtyři zóny kvality kůže – barevně odlišeny. Poté proběhne automatické sestavení stříhové polohy s ohledem na umístění chyb na kůži.

Po sestavení polohy je kůže automaticky přepravena pomocí pásového dopravníku na řeznou plochu stroje. Zařízení vybaveno pásovým dopravníkem pro řezání kůží nebo materiálu v rolích (vinyl, pěnový laminát aj.). Laserové ukazovátko zobrazuje projekci polohy přímo na kůži (kontrola umístění dílů aj.)

Třídící funkce stroje umožňuje již vyřezané díly sdružovat podle předdefinovaného vzoru. Poté dojde ke sdružení do svazků, které pokračují do spojovacího procesu.

Možnost rychlé instalace volitelných vodičů, podavačů a rychlá výměna nože naznačuje, že systém je ideální pro smíšenou výrobu. Zařízení má extrémně nízké náklady na provoz a údržbu. Jeden nůž má životnost až 8 směn.

Max. nálož materiálu 30 mm (podle řezné hlavy)

Max. řezná rychlost 84 m/min

Přesnost  $\pm 0,02$  mm

Zařízení vyráběno v pěti různých velikostech **S, M, L, XL, XXL**

	<b>S</b>	<b>M</b>	<b>L</b>	<b>XL</b>	<b>XXL</b>
Efektivní šířka stolu	1,8	1,8	1,8	2,2	3,2 m
Efektivní délka stolu	1,2	1,6	2,5	2,5	3 m



Obr. 16: Automatické zařízení pro řezání kůží MFC [12]

### **HLC LeatherAuto**

Plně automatický systém pro řezání kůží. Výhodou zařízení je vysoká přesnost a kvalita řezu, flexibilita a nízké provozní náklady. Nabízí vynikající poměr cena / výkon / návratnost zařízení.

Po položení a vyrovnaní kůže na pracovní desku stolu dojde ke seskenování kůže a vyznačených vad na kůži (seskenování asi za 8s). Systém pak vypočítá využitelný prostor a kvalitu zón (čtyři zóny kvality kůže). Informace o kvalitě kůže a chybách ukládány do databáze pro další statistické vyhodnocení.

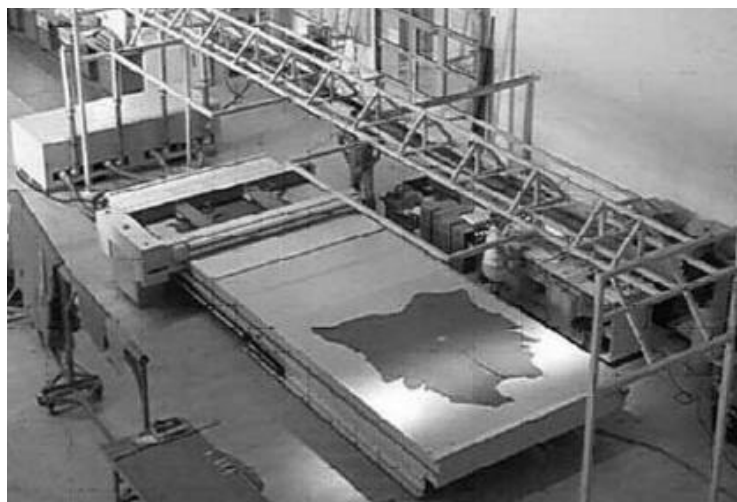
Poté proběhne automatické sestavení stříhové polohy s ohledem na umístění chyb. Laserové ukazovátko zobrazuje projekci polohy přímo na kůži (kontrola umístění dílů aj.)

Na pojízdném mostu stroje jsou umístěny dvě řezné hlavy. Každá tato hlava obsahuje jeden oscilační karbidový nůž, dva průbojníky a pero pro popisování.

Celý proces je snímán a zařízení podává komplexní informace o chodu stroje (čas řezu, obvody dílů aj.)

Efektivní šířka stolu 2700 mm

Efektivní délka stolu 2 x 3200 mm (2 zóny stolu) [12]



Obr. 17: Automatické zařízení pro řezání kůží HLC [12]

### **3.5. Expert Systemtechnik GmbH (Německo)**

Tato firma se specializuje na řezání kůží vodním paprskem. Nabízí vysokou kvalitu řezu za dostupnou cenu. Vodní paprsek o průměru 0,1 mm (jemnější než lidský vlas), okraje řezu zůstávají suché.

Výrobce vychází vstříc svým zákazníkům a nabízí možnost individuálního řešení jejich potřeb a požadavků. Zabývá se oblastí skenování povrchu a klasifikací vad povrchu, polohováním dílů, řezáním dílů a optimalizací výnosů.

#### **CutEXPERT singlejet**

Automatické zařízení pro řezání kůží. Řezání je velmi efektivní s vysokou mírou přesnosti (0,1 mm). Celý proces řezání je maximálně kontrolován. Rychlost řezání je velmi vysoká (průměrná doba řezání na jednu kůži je 2 minuty). Toto zařízení má minimální spotřebu vody a nízké provozní náklady.

Pracovní plocha stolu 2,9 x 2,9 m

#### **CutEXPERT minijet**

Automatické zařízení pro řezání s maximem výhod a minimální investicí. Použití pro kůže a technické textilie v malých sériích. Řezání je velmi efektivní s vysokou mírou přesnosti (0,1 mm). Celý proces řezání je maximálně kontrolován.

Pracovní plocha stroje 1,3 x 1,7 m [14]

#### **CutEXPERT variojet**

Automatické zařízení pro řezání různých materiálů (usní, technických textilií i pro umělé kožešiny s vysokým vlasem). Řezání je velmi efektivní a účinné s vysokou mírou přesnosti (0,1 mm) a stálou kvalitou řezu. Celý proces řezání je maximálně kontrolován.

Pro řezání lze použít materiál přímo z role. Pracovní plocha stroje 1,8 x 3 m

### **CutEXPERT doublejet**

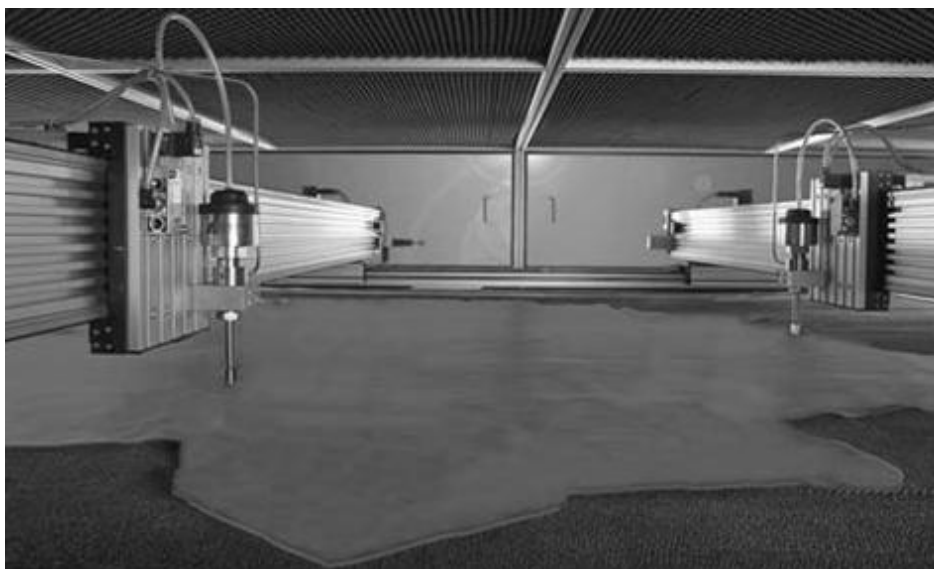
Automatické zařízení pro řezání kůží. Řezání je velmi efektivní s vysokou mírou přesnosti (0,1 mm) a stálou kvalitou řezu.

Proces řezání je uskutečněn simultánně dvěma řeznými hlavami. Každá hlava je umístěna samostatně na jednom nosném rameni. Toto uspořádání zaručuje minimální dobu řezání.

Pracovník obsluhy má volný přístup k řezné ploše ze všech stran, např. pro odstranění zbytků materiálu nebo pro odebrání již vyřezaných kusů.

Toto zařízení má minimální spotřebu vody a nízké provozní náklady.

Pracovní plocha stolu 2,9 x 2,9 m



Obr. 18: Automatické zařízení pro řezání kůží vodním paprskem CutEXPERT doublejet [14]

### **CutEXPERT ecojet**

Automatické zařízení pro řezání koberců, dekoračních materiálů, kompozit, kůží, technických textilií, laminovaných materiálů a pěn.

Řezání je velmi efektivní a účinné s vysokou mírou přesnosti (0,1 mm).

Dvě pracovní plochy ( offline a online). Jedna pro skenování a značení vad, druhá pro řezání materiálu. To způsobuje zvýšení produktivity. Průměrná doba řezání na jednu kůži je 1-3 minuty.

Pracovní plocha stroje 2,9 x 2,9 m



Obr. 19: Automatické zařízení pro řezání vodním paprskem CutEXPERT ecojet [14]

### **3.6. Shrnutí:**

Výrobou řezacích automatů pro textilie se zabývá několik firem. Aby si udrželi svoji pozici na trhu, musí se zabývat neustálou inovací řezacího zařízení.

Každý řezací automat má své výhody a své nevýhody. Jeho využití je dáno typem průmyslu (technické konfekce, automobilový, nábytkářský průmysl aj.), použitým materiálem (kůže, vinyl, pěnové lamináty, plachty aj.), velikostí požadovaných dílů a velikostí výroby. Množství vyrobených kusů (velikost výroby) ovlivňuje výška nálože,

která se pohybuje od jedné vrstvy materiálu, přes střední vrstvu nálože (až 5 cm komprimovaného materiálu) až po vysokou nálož (až 9 cm komprimovaného materiálu).

Metody oddělování jsou jak konvenční (nožové), tak nekonvenční (laserový a vodní paprsek). Nekonvenční metody mají stále vysoké pořizovací náklady, které brání některým firmám k jejich pořízení. Ke značnému ušetření však přispívá to, že nekonvenční řezací automaty nepotřebují brusné elementy a výměnu opotřebeného řezného nástroje. Výhodou nekonvenčních způsobů oddělování je velmi vysoká přesnost řezu, vysoká rychlost řezu a velmi úzký řez (úspora materiálu, možnost těsného položení stříhových šablon blízko k sobě).

Firma Johnson Controls Česká Lípa zvolila řezací automat VectorAuto MX9 od firmy Lectra.

VectorAuto MX9 je řezací automat nové generace se zcela novým designem. Zahrnuje to nejlepší z předchozích generací cutterů a přináší zlepšení technologií a služeb.

Výhodou tohoto cutteru je vynikající flexibilita a maximální výška nálože materiálu (9 cm komprimovaného materiálu). Také obsahuje množství senzorů, které snímají celý proces a napomáhají ke snadnějšímu ovládání a zjednodušení procesu řezání (senzory opotřebenosti nože a brusného elementu, obvod již vyřezaných dílů aj). To podporuje eliminaci lidské chyby.[12]

#### **4. Ostření řezných nástrojů**

Ostření nástroje je obrábění brusným prvkem, u kterého mají brusná zrna definovanou velikost a nejsou orientované. Charakteristika takového nástroje má stochastický (náhodný) charakter.

Výsledkem obrábění je povrch, jako soustava rovnoběžných stop po jednotlivých zrnech. Je vidět, že rýhy mají různou hloubku, podle polohy jednotlivých zrn v brusném prvku (u cutterů je tímto prvkem brusný řemen nebo brusný kotouč). Zrna odřezávají z povrchu broušené plochy materiál ve formě třísek podobně jako při jiných způsobech obrábění. Nůž po nabroušení musí mít svou klínovou formu a stejný úhel ostří.

Správné naostření břitů nože je důležitým předpokladem k provedení kvalitního výřezu textilních materiálů. Řezný nástroj musí být správně naostřený již před svým prvním řezáním. Po určitém časovém intervalu (mění se dle materiálu) dochází k otupení řezného nástroje. Proto se musí řezný nástroj pravidelně ostřit. U nynějších cutterů lze nastavit po jakém úseku nástroj naostřit. Nástroj, který se pravidelně neostří, se stává velice nekvalitním. Řezáním tupým nástrojem může docházet k nepřesnému výřezu, poškození okrajů dílů (otřepení aj.) nebo podřezání nálože. [9]

Ostří řezného nástroje je důsledkem řezného procesu vystaveno působení fyzikálních vlivů, které způsobují změnu jejich výchozího tvaru a kvality pracovních ploch. Broušením povrchu nože dochází po určitém čase ke zkrácení ostří.

Řezáním vrstvy textilního materiálu se nůž (řezný element) postupně otupuje. Toto otupení lze odstranit broušením nástrojů. Broušení nástroje by mělo předcházet řezání, aby se docílilo co největší kvality řezu.

Stav ostří nože má značný vliv na velikost řezné síly i na přesnost řezu. Při řezání otupeným nožem je řezná síla několikanásobně větší. Stav ostří ovlivňuje také kvalitu řezu a tím i kvalitu řezných okrajů. [8]

Při ostření nástroje je třeba dodržet přímočarost ostří a úhel řezného břítu nástroje. Brousící zařízení musí být umístěno tak, aby neustále svíralo stejný úhel k noži. Tento úhel je důležitý, neboť určuje úhel ostří nože. Ostření musí být stejně kvalitní z obou stran břítu.



Nesprávná volba řezných úhlů (špatná geometrie břitu) může urychlit otupování nástroje, zvýšit řezný odpor a způsobit tak namáhavější práci s řezným nástrojem.

Důsledkem broušení řezného nástroje je zmenšování jeho profilu. Výrobci uvádějí minimální povolené hodnoty rozměrů. Tyto hodnoty by neměly být překročeny. Po překročení může docházet k praskání řezného elementu.

Stabilita nože a životnost jeho ostří závisí na kvalitě nožové oceli, na úhlu břitu a na ostření, které musí být přizpůsobeny vlastnostem řezaného materiálu. [8]

Nevhodná kombinace volitelných podmínek broušení může být příčinou nadměrného vzniku tepla a zásahu do povrchu řezného klínu. Může tak zapříčinit ztráty ve výrobě a ztrátu vlastností nože.

Ostření řezných nástrojů pro cuttery rozdělujeme na „jemné“ broušení pro běžné materiály a broušení „nakrátko“ pro tvrdší materiály. Jemné broušení probíhá ostřícím elementem s jemnější zrnitostí pro měkčí materiály. Nevýhodou je, že se tyto ostřicí elementy s velmi jemnou zrnitostí rychle zanášejí špínou. Broušení „nakrátko“ se využívá při řezání tvrdších materiálů (např. vinyl). Ostřicí elementy mají hrubší zrnitost, než pro jemné broušení. Proto je volen nižší přítlak při ostření a také kratší doba ostření. Díky tomuto ostření nástroje mají nože kratší životnost (ostří se rychleji obrousí).

#### **4.1. Nože určené pro automatické řezací zařízení (cuttery)**

Tyto nože jsou vyrobené z kvalitní oceli. Hrot nože je tvarově přizpůsobený ke snadnému průniku skrz nálož textilního materiálu.

Nůž má přímou souvislost s typem řezacího zařízení a také s řezaným materiálem. Každé automatické řezací zařízení používá odlišné označení nožů, jiné parametry nožů a každý nůž má své specifické vlastnosti. Parametry nože určují pro jaké řezané materiály je nůž určen (odvětví průmyslu, typ výroby aj.) a také pro jakou výšku nálože. Čím větší délka a průměr nože, tím může být volena vyšší nálož. Správná volba nože zlepšuje kvalitu řezu a také zvýší produktivitu práce.[12]

#### **4.2. Ostření nožů u cutteru Lectra VectorAuto MX9**

Ostření nože cutteru se provádí třemi brusnými řemeny upevněnými na otočném ramenu. Napjatost každého brusného řemenu se nastavuje volnou řemenicí připojenou k tlačné pružině.

Rameno ostřicího zařízení se umístí před nůž pomocí řízeného jednočinného válce. Po naostření vratná pružina vrací rameno ostřicího zařízení zase zpět.

Tlak ostření je řízen servorozdělovačem ovládaným regulátorem. K ostření dochází jen tehdy, když je nůž cutteru v poloze „nahore“ (nůž je v poloze nad řezaným materiálem).

Ostřicí cykly se provádějí během chodu „naprázdno“. Uživatel si může počet cyklů, délku cyklů a přítlak ostření sám naprogramovat.

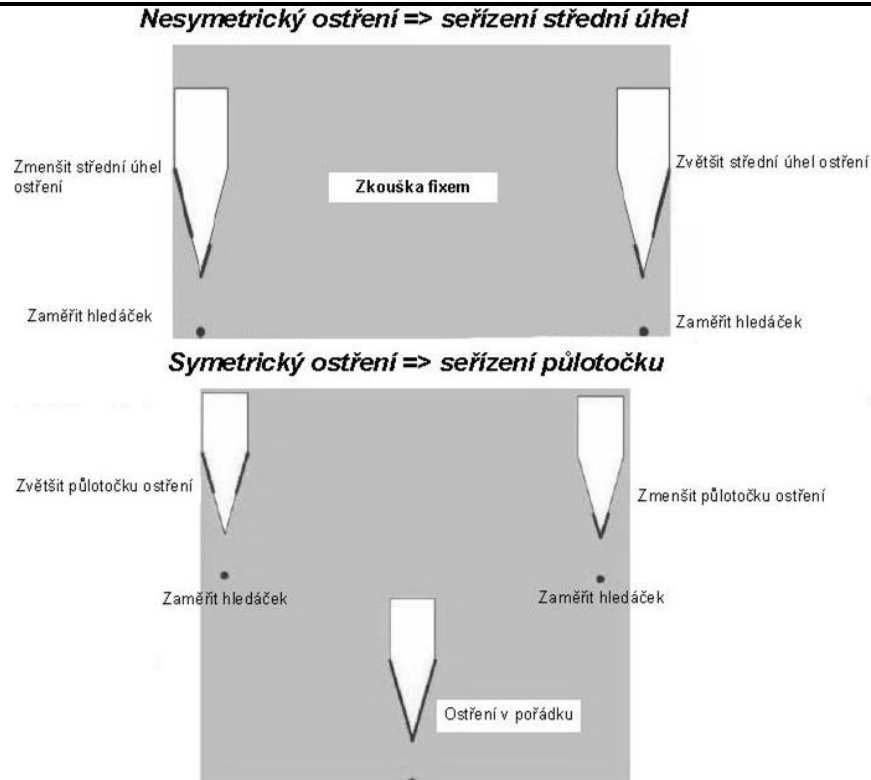
Pro tužší a tvrdší materiály (např. vinyl) se používá hrubší ostřicí řemen s menším přítlakem (přibližně 2,5 - 2,8 bar) než u běžných materiálů a po kratší dobu (asi 60 s). Vlivem hrubšího brusného řemene dochází k rychlejšímu opotřebení nože (700 ostřících cyklů) i opotřebení brusného řemene (300 cyklů). U běžných materiálů je volen vyšší přítlak (3,2- 3,8 bar) po dobu asi 110 vteřin. Životnost nože je přibližně 2500 ostřících cyklů. Z pravidla musí být přítlak co nejjemnější, aby se nůž obrousil co nejméně, ale zároveň aby došlo k naostření nástroje. Cutter VectorAuto MX9 obsahuje indikátor opotřebení nože (udává opotřebení v %) a také indikátor opotřebení ostřicího řemenu (opotřebení v %) [12]

Při prvotním ostření při použití nových nožů, nového typu zařízení aj. se doporučují kontroly ostření.

##### Kontrola symetrie ostření

Každé ostření nože musí být symetrické z obou dvou stran. Pro zjištění symetrie ostření se provádí zkouška pomocí fixu.

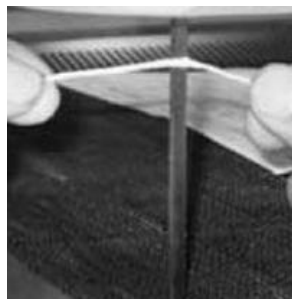
Barva fixu se nanese na plochy ostří a provede se cyklus ostření. Poté se provede vizuální kontrola ostření nože (obroušení barevného povrchu). Tato kontrola se provádí proto, aby byly všechny tři brusné řemeny ve správném kontaktu s plochou nože.



Obr. 20: Návod k seřízení symetrie ostření nože cutteru (zkouška fixem) [12]

### Kontrola kvality ostření

Po cyklu ostření se přitlačná patka cutteru umístí do polohy nahoře, nůž cutteru do polohy dole. Poté se vezme kus provázku a provede se test řezání v horní, střední a dolní části nože. Provázek se uchopí za oba konce a přiloží se na nůž. Vodorovně se přitlačí na ostří. Provázek by se měl přerýznout i bez vyvinutí síly. Kvalita naostření nože musí být ve všech částech nože stejná. Pokud není, musí se změnit nastavení ostření. [12]



Obr. 21: Kontrola kvality ostření nože za pomoci provázku [12]

## **5. Experimentální část**

V této kapitole bude podrobně rozebrán návrh měřícího zařízení, návrh metodiky měření a způsob vyhodnocení měření.

### **5.1. Návrh měřícího zařízení**

Toto měřící zařízení by mělo simulovat řezání materiálů pro autopotahy na cutteru. Nejvhodnějším přiblížením pohybu nože cutteru byl pohyb nože ruční vertikální řezačky.

Rychlost kmitu nože v zátěži ruční vertikální řezačky je 2800 kmitů/min. Rychlost kmitu nože u cutteru MX9 je max. 6000 kmitů/min. Pro materiály na autosedačky se používá rychlost kmitu nože od 3200 do 4500 kmitů/min podle druhu materiálu a pěny. Tato rychlost nože je však relativní, proto je nutný přepočtení rychlosti nože (přepočtení rychlostí nože uveden níže).

Ostření u cutteru je dáno programem. Parametry ostření lze nastavit pro právě řezaný materiál (volba přitlaku ostření, doba ostření, zrnitost ostřicího elementu). U ruční vertikální řezačky je ostření nože automatické. Lze zvolit jen počet ostřících cyklů a zrnitost brusných pásků.

#### Technické parametry ruční vertikální řezačky:

Vertikální pila s automatickým ostřením typ – PN 8

Maximální výška řezu – 140 mm

Hmotnost řezačky – 14 kg

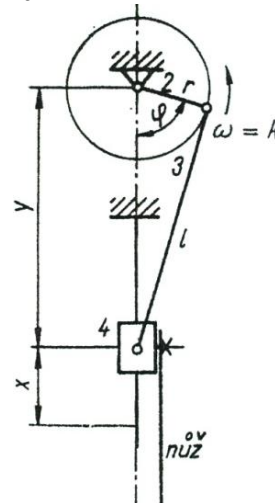
Kmitů na prázdno: 3400/min, Kmitů v zátěži: 2800/min.

Napájení – 220 V, 50 Hz

**Přepočet rychlosti nože**

Rychlost nože je udávána počtem kmitů za minutu. Tato rychlost je však relativní. Ovlivňuje ji velikost zdvihu nože. Z tohoto důvodu byl volen přepočet rychlosti nože.

Pro řezací stroje s nožem přímým, kde nůž koná translační pohyb, platí  $v_1 \neq konst.$  V tomto případě se bude v průběhu řezání měnit pracovní úhel řezu  $\alpha_2$  a bude závislý na čase, respektive na poloze nože. Pohyb nože tohoto stroje je realizován centrickým klikovým mechanismem. [1]



Obr. 22: Schéma klikového mechanismu ( $r$  – klika,  $l$  – ojnice,  $x$  – zdvih nože)[1]

Otáčí-li se klikou ( $r$ ) uvedeného mechanismu konstantní úhlovou rychlostí  $\omega$ , je poloha kliky dána úhlem  $\varphi = \omega t$ . Dráha nože je dána vztahem

$$x = r \left( 1 + \frac{l}{\lambda} - \cos \varphi - \frac{l}{\lambda} \sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2 \varphi} \right)$$

Kde  $r$  - je poloměr kliky,  $l$  - délka ojnice,  $\lambda = \frac{r}{l}$ ,  $\omega = 2\pi f$ ,  $f$  - frekvence otáčivého pohybu.

Derivací dráhy podle času dostaneme rychlost nože, která po úpravě je dána rovnicí

$$v_1 = r\omega \left( \sin \omega t + \frac{\lambda \sin 2\varphi}{2\sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2 \omega t}} \right)$$

Vyloučením času  $t$  z předchozí rovnice dostaneme rychlost nože v závislosti na jeho poloze

$$v_1 = \omega y \sqrt{\frac{4}{\left(\frac{y}{l} + \frac{k}{y}\right)^2} - 1}$$

kde  $y = l + r - x$ ,

$$k = l(1 - \lambda^2) \quad [1]$$

Pro tento dopočet scházel parametr délky ojnice. Proto byla zvolena pro srovnání délka ojnice  $l = 2 \times \text{zdvih nože}$ .

Pro tyto hodnoty však rychlost nože vycházela nulová nebo záporná.

Proto byl zvolen jednodušší výpočet pouze pro průměrnou rychlost nože.

$$v_{\text{průměrná}} = 2r \frac{\omega}{\pi} = 2xf \quad [16]$$

kde je  $r$  - poloměr kliky,  $\omega$  - úhlová rychlost,  $x$  - zdvih nože,  $f$  - frekvence otáčivého pohybu. [16]

Po dosazení do vzorce došlo k přepočtu rychlosti.

Pro ruční vertikální řezačku se zdvihem nože  $x = 0,04$  m, poloměrem kliky  $r = 0,02$  m, frekvencí otáčivého pohybu  $f = 46,67$  kmitů/s a úhlovou rychlostí  $\omega = 293,22$  rad/s

$$v_{\text{prům}} = 2 \times 0,02 \times \frac{293,22}{\pi} = 2 \times 0,04 \times 46,67 = \mathbf{3,73 \text{ m/s}}$$

Pro cutter MX9 se zdvihem nože  $x = 0,025$  m, poloměrem kliky  $r = 0,0125$  m, frekvencí otáčivého pohybu  $f = 53,33$  kmitů/s (3200 kmitů/min),  $\omega = 335,1$  rad/s (3200 kmitů/min – nejnižší používaná rychlost pro pěnové materiály)

$$v_{\text{prům3200k}} = 2 \times 0,0125 \times \frac{335,1}{\pi} = 2 \times 0,025 \times 53,33 = \mathbf{2,67 \text{ m/s}}$$

Pro maximální používanou rychlost nože 4500 kmitů/min,  $f = 75$  kmitů/s (4500 kmitů/min),  $\omega = 471,24$  rad/s (4500 kmitů/min),

$$v_{\text{prům4500k}} = 2 \times 0,0125 \times \frac{471,24}{\pi} = 2 \times 0,025 \times 75 = \mathbf{3,75 \text{ m/s}}$$

Z výsledků je patrné, že používané rychlosti nože jsou u řezačky a u cutteru MX9 srovnatelné.

### **5.1.1 Popis konstrukce zařízení**

Hlavní částí zařízení je ruční vertikální řezačka, která je upevněna ke konstrukci kolejnic z důvodu pojízdnosti řezačky po pracovní ploše a vibrací při spuštění řezačky.

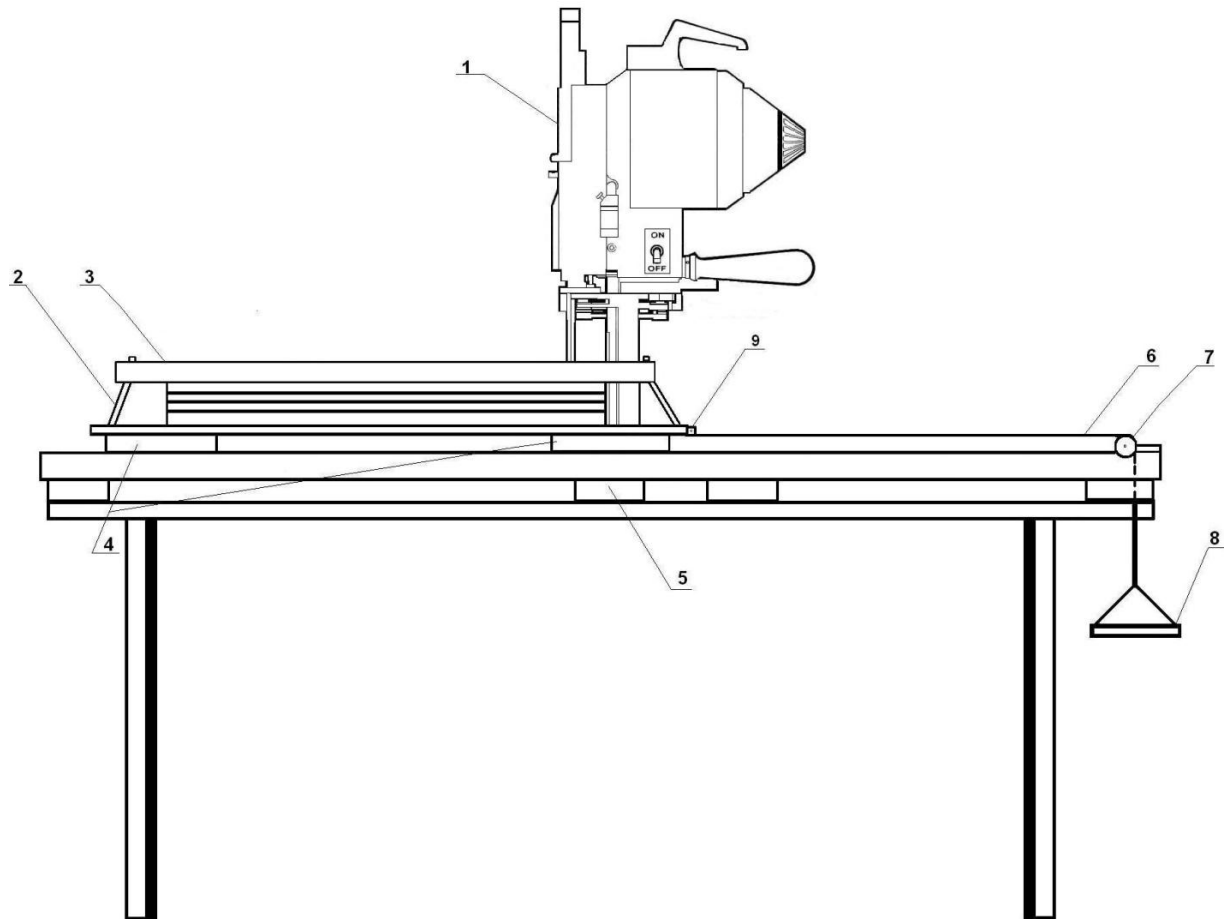
Základem měřicího zařízení jsou dvě kolejnice o délce 1,2 m, po kterých se pohybuje pojízdná plošina.

Délka plošiny je 0,6 m, šířka plošiny 0,4 m. Uprostřed plošiny je po celé délce drážka o šířce 1 cm pro průchod nože s nohou řezačky. Ke středu plošiny je připevněno očko pro uchycení lanka. K druhému konci lanka je upevněno závaží pro vyvolání tíhové síly. Lanko vede od pojízdné plošiny k závaží přes kladku, umístěnou ke konci konstrukce kolejnic. Závaží rozpohybuje pojízdnou plošinu směrem k řezačce. Pojízdná plošina urazí dráhu 0,5 m, poté je zabrzděna zárážkami. Brzdění zárážkou je nutné, aby hrana plošiny nenarazila na ostří nože a tím ho nepoškodila.

Při měření se umístí na pojízdnou plošinu nálož textilního materiálu. Aby se zamezilo posuvu materiálu po pojízdné plošině, je na povrchu plošiny připevněna protiskluzová podložka. K zamezení podjíždění materiálu ve vrstvě je nálož materiálu stlačena shora dvěma lištami za pomoci modelářské gumy. Stlačení musí být takové, aby drželo materiál ve vrstvě, ale nesmí být příliš velké. Příliš velký přítlak způsobí vyboulení materiálu v místech, kde není stlačen lištami (střed materiálu). Spodní plocha přítlačných lišt je také opatřena protiskluzovou podložkou. Náčrty zařízení viz Obr. 23. Fotografie zařízení v Příloze 1.

Při spuštění vertikální řezačky vznikají značné vibrace, díky kterým dochází k pohybu konstrukce kolejnic po stole. Proto bylo nutné připevnit konstrukci ke stolu pomocí svěrek a styčné plochy konstrukce a stolu podložit gumovými podložkami pro tlumení vibrací.

Před začátkem vlastního měření bylo nutné vyvážení pojízdné plošiny s přítlačnými lištami. Toto vyvážení bylo provedeno z důvodu odporových sil vznikajících při samostatném pohybu plošiny. Hmotnost plošiny a valivý odpor vznikající při poježdění plošiny nesmí ovlivňovat samostatné měření. Zátěž, která byla nutná pro plynulý rozjezd samostatné plošiny bez nálože, byla 230 g. Tato hodnota byla volena jako nulová pro rozjezd plošiny a přičítala se k zatížení pro posun materiálu směrem k noži.



Obr. 23: Nákres měřicího zařízení

Popis k obrázku

1. Ruční vertikální řezačka
2. Modelářská guma
3. Přítlačné lišty
4. Suport
5. Konstrukce kolejnic (vedení suportu)
6. Lanko
7. Kladka
8. Závaží
9. Očko k připevnění lanka



## 5.2. Návrh metodiky měření

Řezání bude prováděno na ruční vertikální řezačce s použitím materiálu pro výrobu autopotahů, získaným od firmy Johnson Controls Česká Lípa.

Materiál pro výrobu autopotahů je trojitý laminát skládající se z vrchní polyesterové tkaniny, polyuretanové pěny a zátažné pleteniny, jako podšívky. Tento laminát má různé tloušťky pěny a to 2 – 10 mm. Rozbor materiálu uveden v Příloze 2.

Pro měření bude využito materiálu s nejtenčí a nejobjemnější laminací využívaných firmou a to pro porovnání změn při řezání těchto dvou tloušťek. Bude tedy řezán materiál o tloušťce 2 mm a 8 mm.

Počet vrstev materiálu se odvozuje z výroby ve firmě Johnson Controls Česká Lípa. Počet vrstev pro materiál s tloušťkou 2 mm je ve výrobě 30 vrstev. Pro měření bude použita nálož 15 vrstev ( $\frac{1}{2}$  nálože ve výrobě) a 7 vrstev materiálu (přibližně  $\frac{1}{4}$  nálože ve výrobě).

Materiál s tloušťkou 8 mm je používán ve výrobě v počtu 10 vrstev. Pro měření bude využito 5 vrstev ( $\frac{1}{2}$  nálože ve výrobě) a 3 vrstvy (přibližně  $\frac{1}{4}$  nálože ve výrobě) tohoto materiálu.

Vzhledem k velmi vysoké spotřebě materiálu bude měření prováděno pouze po útku (řezání proti osnovní přízi).

Nálož materiálu bude položena na pojízdné plošině a přitlačena dvěma lištami, které zajistí mírné stlačení materiálu a zamezí jeho pohybu po plošině a podjíždění ve vrstvě.

Řezaný materiál i s pojízdnou plošinou je vtahován do řezu pomocí lanka, kladky a závaží na základě tíhové síly. Volba zátěže bude ovlivněna předběžnými pokusy. Závaží bude voleno o hmotnosti 1 / 1,25 / 1,5 / 1,75 / 2 kg. Z této hmotnosti závaží můžeme dopočítat tíhovou sílu. (viz Tabulka č. 1)

Hmotnost [kg]	1	1,25	1,5	1,75	2
Tíhová síla [N]	9,807	12,258	14,71	17,162	19,613

Tabulka č. 1: Přepočet tíhové síly

Řezání bude probíhat na úseku 0,5 m. Doba řezání tohoto úseku bude zaznamenávána stopkami.

Toto měření se bude opakovat s různými tíhovými silami (9,807 / 12,258 / 14,71 / 17,162 / 19,613 N). Hodnoty budou zaznamenány a dále zpracovány.

Pro řezání bude použito hladkého nože s rovným ostřím. Kmit nože řezačky je konstantní (2800 kmitů/min). Průměrná rychlost nože řezačky je 3,73 m/s.

Pojízdná plošina umožňuje pouze přímočarý pohyb. Proto je řez pouze rovný – neřeší se řezání v zatáčkách, kde je nutné snížit řeznou rychlost (rychlost posuvu asi 4,5 m/min).

Přítlačná patka vertikální řezačky bude spuštěna na řezaný materiál tak, aby patka lehce klouzala po horní vrstvě materiálu a neshrnovala ho. Přítlačná patka zaručuje kvalitu řezu při vertikálním pohybu nože.

Před každým řezáním bude provedeno broušení, aby byly zachovány stejné podmínky ostří.

Mezi volitelné parametry patří počet vrstev materiálu a tíhová síla. Po provedení měření a získání daného času můžeme dopočítat rychlost posunu materiálu do řezu, která je dalším parametrem řezání. Rychlost pohybu do řezu se dopočítá vzorcem  $v = \frac{s}{t}$ , kde  $s$  je řezaný úsek (0,5 m) a  $t$  doba řezání daného úseku.

Kvalita řezu se bude vyhodnocovat pouze opticky. To znamená, že musí být hladké řezné okraje bez otřepků, “okousání” nebo zatavení.

Velký vliv na kvalitu a samostatné řezání má také správně nabroušený nůž řezacího zařízení. Proto je nutné správně volené broušení ve správnou dobu. Proto bude dalším experimentem zjištění, po kolika metrech řezání dojde k otupení nože a nutnosti ostření.

### **5.3. Vlastní měření**

#### **Řezání pěn ovlivňuje několik parametrů**

Pro výrobu autopotahů se běžně používá polyuretanová pěna esterového a etherového typu, případně pěny na bázi polyetylenu a polypropylenu.

Při řezání velmi záleží na objemové hmotnosti pěny. Objemová hmotnost pěn se běžně pohybuje od  $28 \text{ kg/m}^3$  do  $75 \text{ kg/m}^3$ .

Etherové pěny jsou "mazlavější" a tudíž kladou vyšší odpor v řezu. Pěny na bázi polyethylenové a polypropylenové jsou velmi rychle tavitelné a rychlost řezání musí být kvůli teplotě v místě řezu snížena.

Samozřejmě i tloušťka pěny a druh vazby (plošná hmotnost) hraje svou roli. Tento problém většina zpracovatelů eliminuje počtem vrstev textilií při procesu řezání. [17]

U použitého materiálu však nebylo možné zjistit, jaký typ pěny byl použit. K tavení pěny v místě řezu docházelo až při extrémní rychlosti posuvu. Z toho se dá usoudit, že pro výrobu materiálu bylo použito pěny etherového nebo esterového typu.

#### **5.3.1. Analýza vlivu rychlosti posuvu do řezu na kvalitu okrajů řezu**

Pro měření se vycházelo z výšky nálože (počtu vrstev) firmy Johnson Controls Česká Lípa. Počet vrstev pro materiál s tloušťkou 2 mm je ve výrobě 30 vrstev. Pro měření byla použita nálož 15 vrstev ( $\frac{1}{2}$  nálože ve výrobě) a 7 vrstev (přibližně  $\frac{1}{4}$  nálože ve výrobě). Materiál s tloušťkou 8 mm je používán ve výrobě v počtu 10 vrstev. Pro měření bylo využito 5 vrstev ( $\frac{1}{2}$  nálože ve výrobě) a 3 vrstvy (přibližně  $\frac{1}{4}$  nálože ve výrobě) tohoto materiálu.

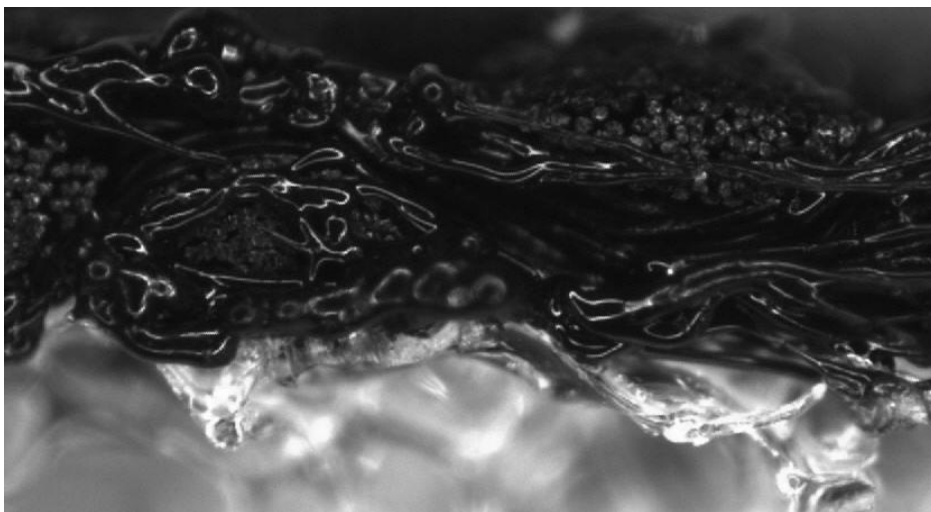
Cílem bylo zjistit, při jaké rychlosti posuvu bude kvalita řezu nevyhovující. Po každém řezání byla vyhodnocována kvalita řezu. Rychlost posuvu do řezu byla volena od nejnížší po nejvyšší na základě předběžných pokusů. V zásadě se rychlost posuvu měla přiblížit rychlostem ve výrobě a přesáhnout je. Což by mělo poskytnout data pro nalezení zhoršení kvality řezu. Průběhy měření zaznamenány v tabulkách v Příloze 3.

U všech měření byla kvalita řezu vždy viditelně dobrá (hladké řezné okraje bez otřepků nebo zatavení). Proto bylo voleno doplňující měření, u kterého by se měla projevit zhoršená kvalita okrajů řezu. Měření probíhalo stejně jako předchozí, ale volba zátěže vtahující materiál do řezu byla dvojnásobná než nejvyšší použitá (4 kg / 39,22 N). Z nedostatku použitého materiálu bylo měření provedeno jen s materiálem laminace 8 mm, v 5 vrstvách nálože.

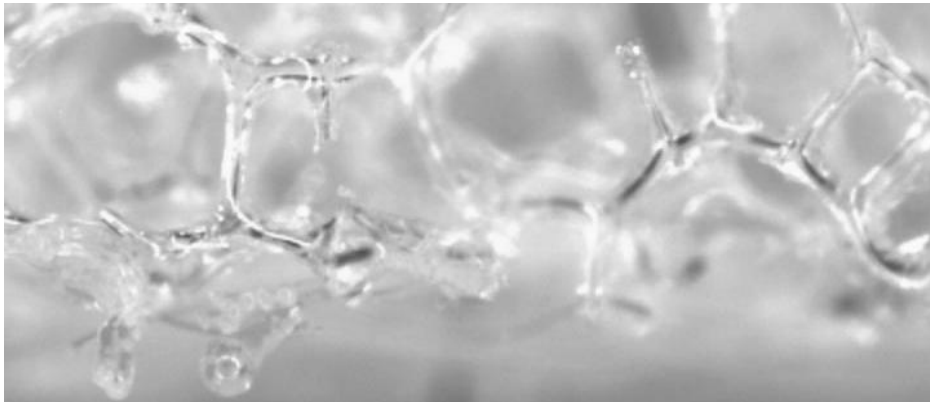
Průběh měření je uveden v Příloze č. 3 viz Tabulka III 5. Měření bylo provedeno pouze pětkrát, z důvodu velké zátěže na měřicí zařízení a jeho nadměrnému namáhání.

Dosažená rychlost posuvu do řezu byla průměrně 82 m/min (viz Tabulka III 6). Okraje řezaného materiálu byly zataveny, což kvalitu řezu znehodnocuje. Zatavení okrajů řezu bylo téměř nepatrné pouhým okem. Ke zjištění zatavení okrajů řezu pomohl zhoršený omak okraje (hrubý, ostrý okraj). Pro zjištění zatavení okrajů bylo provedeno zvětšení. Tavenina je viditelná jak u vrchní tkaniny, tak i u pěny a řídké pleteniny (viz Obr. 24, Obr. 25).

Zhoršenou kvalitu řezu (zatavení okrajů řezu) ve výrobě způsobuje vysoká rychlost kmitu nože. Ruční vertikální řezačka však těchto rychlostí nedosahuje. Průměrná rychlost ruční vertikální řezačky je 3,73 m/s. K zatavení okrajů řezu dochází většinou při průměrné rychlosti nad 3,75 m/s v závislosti na použitém materiálu. Kvalitu řezu ovlivňuje i příliš vysoká rychlost posuvu. Při vysoké rychlosti posuvu do řezu dochází k „okousání“ okrajů řezu. Okraje řezu u prováděného měření byly vždy hladké. Vyšších rychlostí posuvu však u měřicího zařízení nelze dosáhnout (nestabilní konstrukce).



Obr. 24: Detail okraje řezu – patrné zatavení vrchní tkaniny a polyuretanové pěny (kapičky taveniny)



Obr. 25: Detail okraje řezu – v dolní části patrné kapičky taveniny

### 5.3.2. Srovnání průměrných rychlostí posuvu textilií laminace 8 mm a 2mm při řezání

Aby bylo možné srovnání dvou různých tloušťek laminací, bylo nutné zvolit parametr, který by měly tyto textilie společný. Za tento parametr byla zvolena výška nálože.

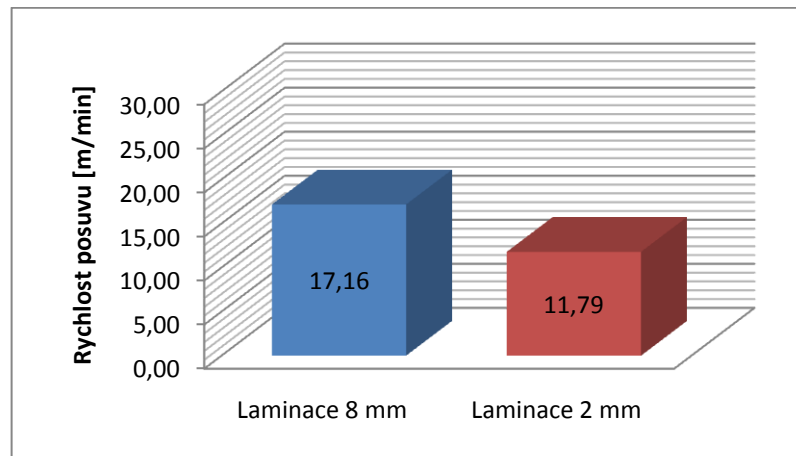
U laminace 2 mm obsahovala nálož 13 vrstev materiálu. Výška nálože tak byla přibližně 33 mm (13x 2,52 mm).

U laminace 8 mm obsahovala nálož 4 vrstvy materiálu. Výška nálože tak byla přibližně 34 mm (4 x 8,52 mm).

Bylo provedeno vždy 10 měření pro každou laminaci a pro různou zátěž. Pro porovnání byla použita průměrná rychlost posuvu daného parametru. Průběh měření zaznamenán v Příloze 3, Tabulka III 7 a Tabulka III 9. Grafické porovnání a procentuální dopočet rozdílu v Příloze č. 4.

Pro příklad uvedeno grafické znázornění rozdílu rychlosti posuvu pro stejnou výšku nálože materiálu laminace 2 mm a 8 mm.

Zátěž 1,5 kg



Graf 1: Porovnání průměrných rychlostí posuvu při zátěži 1,5 kg

Při této zátěži byla dosažena rychlost posuvu do řezu pro laminaci 2 mm 11 – 13 m/min a pro laminaci 8 mm 15 – 20 m/min.

U laminace 8 mm byla rychlost vyvolaná tíhovou silou 14,71 N (1,5 kg) vyšší o 31,29% než u laminace 2 mm.

Všechny grafy se srovnáním v Příloze č. 4.

Nálož materiálu laminace 8 mm tedy klade menší odpor při řezání. Je to dáno počtem vrstev materiálu – laminace 8 mm má pouze 4 vrstvy, zatímco laminace 2 mm vrstev 13. Vrchový materiál klade při řezání vyšší odpor než samotná pěna. Dále je odpor dán typem pěny, konstrukcí vrchní tkaniny a jemností jejich přízí. Rozbor materiálu viz Příloha 2.

Rychlost posuvu do řezu u laminace 8 mm je tedy průměrně asi o 30% vyšší než u laminace 2 mm.

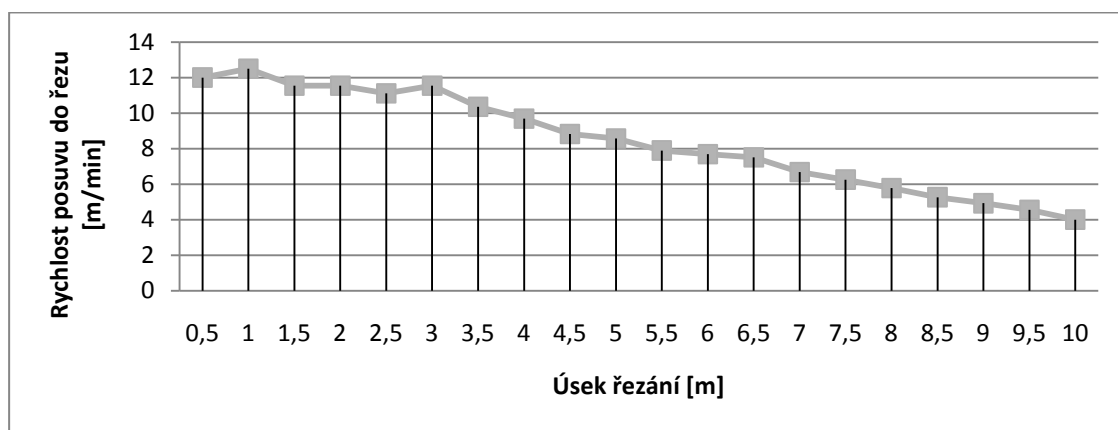
**5.3.3. Vliv broušení nože**

Při procesu řezání po určitém časovém intervalu (mění se dle materiálu) dochází k otupení řezného nástroje. Řezáním otupeným nožem dochází ke zvyšování odporových sil a zvyšování pracovního úhlu. Proto se musí řezný nástroj pravidelně ostřit. Otupený řezný nástroj ovlivňuje nejen zvýšení řezného odporu, ale i kvalitu řezu. Při řezání otupeným nožem není řez hladký, ale může být „okousaný“ nebo otřepený.

Cílem této zkoušky bylo zjištění, po kolika metrech dojde ke vzrůstu odporu při řezání (prodloužení doby řezání – poklesu rychlosti). Toto měření by mělo pomoci ke vhodnému načasování ostření nástroje. Časté ostření nástroje totiž zkracuje životnost nože a prodlužuje výrobní čas, což zvyšuje provozní náklady.

Měření bylo prováděno u materiálu laminace 2 mm. V náloži bylo použito 15 vrstev. Nálož byla vtahována do řezu tíhovou silou 19,613 N (zátěží 2kg).

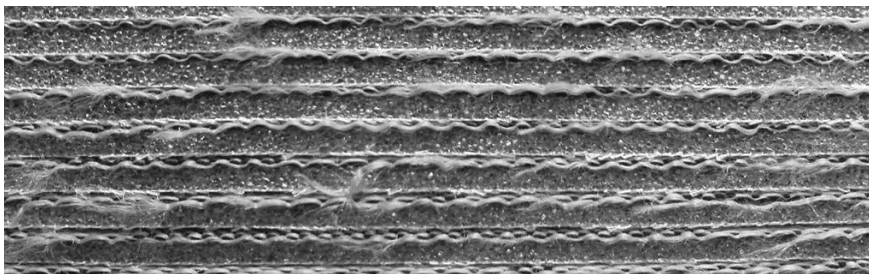
Při těchto podmínkách bylo dosahováno rychlostí posuvu uvedených v Příloze č.3, Tabulka III 11.



Graf 2: Zobrazení poklesu rychlosti vlivem otupení nože

Na grafu č. 5 je patrný pokles rychlosti vlivem neostření nože. K výraznému snížení rychlosti posuvu došlo při řezání úseku 3 - 3,5 m.

Po řezání úseku 8 metrů bez ostření nože došlo k viditelnému otřepení okrajů (viz Obr. 26).



Obr. 26: Detail řezu laminovaných textilií – otřepení vlivem nebroušení nože

Z tohoto měření se dá usoudit, že by se úsek, po kterém bude docházet k ostření u cutteru, mohl prodloužit z původních 1,5 – 2 metry na 3 metry. Měření bylo však pouze simulační, otupení nože závisí také na noži cutteru (jeho rozměrech) a použitém materiálu pro výrobu nože.

### Nevýhody měření

Testovací zařízení, na kterém bylo prováděno měření má velmi krátkou dráhu posuvu (0,5 m). Vhodnější by byla dráha přinejmenším 1 m. Na krátkém úseku při vyšší rychlosti totiž dochází k nepřesnému měření času. U měření stopkami ovlivňuje měřený čas postřeh lidského faktoru. Pro náročnější měření se používají elektronické stopky, které dovolují daleko přesnější zaznamenání časů a dají se snadno spojit s automatickými čidly (fotobuňka) a na druhé straně s počítačem, který výsledky vyhodnocuje a zobrazuje.

Nevýhodou je i relativně křehká konstrukce. Při vyšší zátěži, která vtahuje pojízdnou plošinu do řezu, byla vyvinuta i vyšší rychlost. Brzdění pojízdné plošiny při vyšších rychlostech způsobovalo ohyb brzdících zářezek. Ty se musely po každém měření, které způsobilo vychýlení, vrátit do původní polohy. Při maximální zátěži 4 kg (39,23 N) docházelo k nestabilitě konstrukce a možnému vychýlení pojízdné plošiny z dráhy.

Toto měření mělo simulovat řezání na cutteru. Textilní materiál je však na cutteru před samostatným řezáním komprimován. Komprimaci materiálu nelze simulovat, čímž se experimentální měření liší (materiál byl pouze stlačen proti posuvu vrstev).



## **6. Diskuze výsledků**

V této kapitole budou shrnuty všechny výsledky, vyhodnocení a doporučení.

V průběhu experimentu byla provedena série měření při různých podmínkách (počet vrstev, laminace 2 mm a 8 mm, různá zátěž pro vtahování do řezu). Vždy bylo uskutečněno 10 měření za stejných podmínek. Cílem bylo hledání, po jakém úseku řezání se zhorší kvalita okrajů řezu vlivem rychlosti posuvu do řezu.

### **6.1. Analýza vlivu rychlosti posuvu do řezu (přítlaku na řezání)**

Při měření bylo dosahováno rychlostí posuvu 2 – 43 m/min v závislosti na materiálu, výšce nálože a zatížení, které vtahovalo materiál do řezu. Ve výrobě se rychlost posuvu do řezu pohybuje maximálně do 20 m/min (na dlouhém rovném úseku). Při řezání do zatáčky se rychlost posuvu do řezu snižuje (až na 4,5 m/min), což však tato práce neřeší.

Kvalita řezu byla dobrá po celý průběh měření. Proto bylo zvoleno doplňující měření, kde by se zhoršená kvalita vyskytla. Ke zhoršení kvality řezu došlo při rychlosti posuvu do řezu 82 m/min. Při této rychlosti posuvu byly okraje řezu mírně zataveny. Automatické zařízení pro řezání (cutter) však tak vysokých rychlostí posuvu do řezu nedosahuje. Maximální rychlost posuvu do řezu se u cutterů pohybuje okolo 45 m/min v závislosti na typu zařízení. Podle výsledků měření lze zvýšit rychlost pohybu do řezu ze stávajících 20 m/min na hodnotu vyšší. Rychlost posuvu do řezu ovlivňuje i délka rovného řezaného úseku. Řezací zařízení potřebuje určitý čas na zrychlení pro nabrání rychlosti posuvu a poté zase zpomalení pro výřez následující křivky.

Zatavení až spékání okrajů řezu však způsobuje vysoká rychlost nože. Ruční vertikální řezačka dosahuje rychlosti nože průměrně 3,73 m/s. Tato hodnota rychlosti nože se přibližuje k rychlosti nože používané ve výrobě (průměrná rychlost nože ruční řezačky 3,73 m/s, průměrná max. používaná rychlost nože cutteru 3,75 m/s). K zatavení okrajů vlivem vysoké rychlosti nože dochází podle informací z výroby Johnson Controls, při rychlosti vyšší než 4500 kmitů/min (průměrně 3,75 m/s). Ruční vertikální řezačka typu PN 8 vyšších

rychlostí nože nedosahuje, proto nebylo možné zjistit bližší parametry k zatavení okrajů řezu vlivem vysoké rychlosti nože.

## 6.2. Analýza vlivu broušení

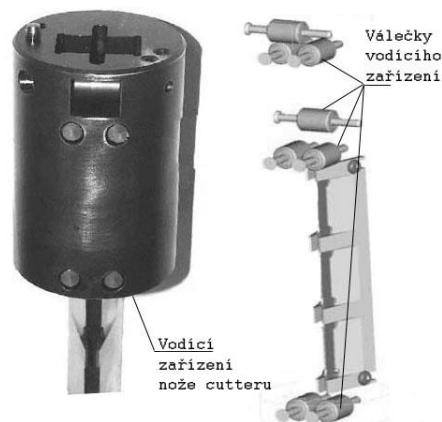
Bylo provedeno měření s cílem zjištění úseku řezání, po kterém dojde k otupení nože a rapidnímu poklesu rychlosti posuvu (nárůstu doby řezání).

Měřením bylo zjištěno, že nejvhodnější ostření nástroje je po 3 metrech řezání. Po dosažení tohoto úseku dojde k růstu energie potřebné k provedení řezu a posléze i k nekvalitním okrajům řezu. Podrobně rozebráno v kapitole 5.3.3.

## 6.3. Doporučený návrh měření

Pro nejvhodnější nastavení všech parametrů ovlivňujících řezání textilních materiálů na cutteru by bylo použití tenzometrů. Pomocí tenzometru by bylo možné zjistit síly právě působící na nůž v čase.

Konzultace s Ing. Petrem Škopem ve Výzkumném ústavu textilních strojů (VÚTS) ukázala jako nejvhodnější řešení umístit čidlo tenzometru přímo do vodícího zařízení nože cutteru. Detail vodícího zařízení nože cutteru MX9 níže. (Obr. 27)

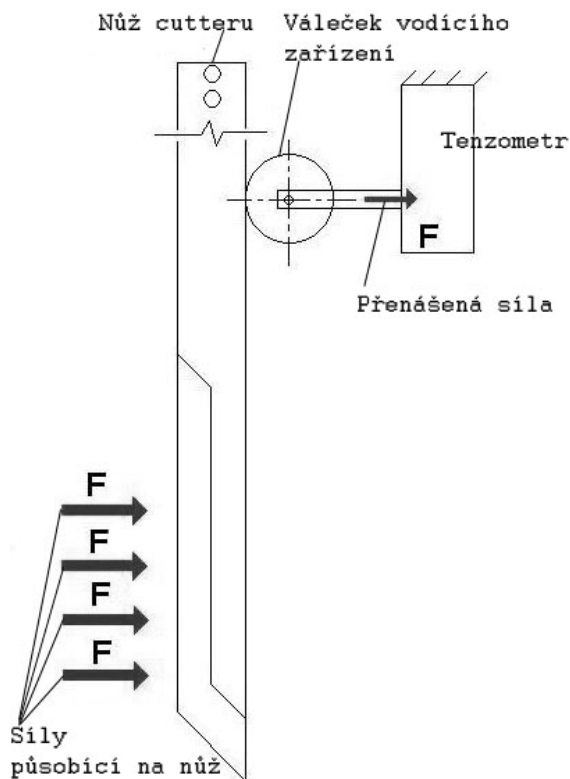


Obr. 27: Detail vodícího zařízení nože cutteru MX9 [12]

Síly působící při řezání na nůž se přenášejí na válečky vodícího zařízení nože. Proto se umístění tenzometru do vodícího zařízení nože jeví jako nejvhodnější řešení. Umístit tenzometr přímo na nůž je nevhodné z důvodu vysoké rychlosti nože (až 6000 kmitů/min).

Toto řešení je však velmi finančně náročné (odhad 100 000 – 200 000 Kč). Náročné je i po konstrukční stránce. Proto by bylo nutné zadat konstrukci tohoto snímače odborníkům. Konstrukci čidla a jeho následné umístění do cutteru však firma JC z důvodu velké finanční i časové náročnosti odmítla.

Instalace tenzometru by napomohla k optimalizaci všech parametrů týkajících se nože ovlivňujících proces řezání na cutteru (rychlost posuvu, zrychlení posuvu, rychlost kmitu nože, rychlost do zatáček (vyřezávání křivek), otupení nože aj.). Možnost nastavení pro různé materiály. Nevýhodou zdlouhavé nalezení správného řešení.



Obr. 28: Návrh umístění tenzometru ve vodícím zařízení nože cutteru

Dalším možným řešením pro zjištění otupení nože je předpoklad, že při otupení dochází ke zvyšování teploty nože. Nárůst teploty by bylo možné snímat pomocí bezdotykových snímačů teploty (např. termokamery).

Nevýhodou je však nutnost stabilní konstrukce pro upevnění termokamery. Toto upevnění by mělo být na hlavě cutteru. Termokamera musí sledovat neustále nůž cutteru po celou dobu průběhu procesu řezání.

Vyhodnocením by bylo, po jakém úseku došlo k rapidnímu nárůstu teploty nože, který signalizuje otupení nože.

## **7. Závěr**

Tato diplomová práce byla vypracována se záměrem nalezení co nejoptimálnější rychlosti posuvu do řezu při řezání materiálů na autopotahy z pohledu kvality. Dalším cílem této práce bylo zhodnotit, po jakém úseku řezání dojde k otupení nože a potřebě nůž naostřit.

Pro uskutečnění experimentu bylo nutné navrhnout a sestavit měřicí zařízení, které by simulovalo řezání na cutteru. Jako nejvhodnější přiblížení pohybu nože cutteru byla zvolena ruční vertikální řezačka.

Tato řezačka byla pevně uchycena ke konstrukci. Po konstrukci se pohybovala pojízdná plošina, pomocí které byl vtahován materiál do řezu vlivem zátěže. Zátěž byla volena na základě předběžných pokusů od nejnižší po nejvyšší zátěž. Záměrem bylo se co nejvíce přiblížit rychlosti posuvu používané ve výrobě a tuto rychlost překročit, pro zjištění změny kvality okrajů řezu.

Při měření s předem zvolenými hodnotami zatížení byla kvalita řezu vždy dobrá. Proto bylo měření doplněno extrémní hodnotou zátěže, vyvolávající rychlost posuvu do řezu. Při této zátěži byla předpokládána zhoršená kvalita řezu. Ke zhoršení kvality řezných okrajů došlo při rychlosti posuvu do řezu průměrně 82 m/min. Tato rychlost je však příliš vysoká a ve výrobě se takové rychlosti nedosahuje. Z výsledků měření lze usoudit, že rychlost posuvu do řezu se může zvýšit s ohledem na délku rovného řezaného úseku.

Procesem řezání dochází za určitou dobu (určitý úsek řezání) k otupení nože. Ke zjištění otupení nože bylo prováděno měření a zaznamenávána doba řezání a úsek řezání. Z naměřených a dopočítaných hodnot byl sestaven graf, který ukázal rapidní pokles rychlosti posuvu do řezu. Tento pokles nastal při řezání úseku 3 – 3,5 metru. Z měření úseku, po kterém dojde k otupení nože, vychází návrh ostření nože cutteru po 3 metrech.

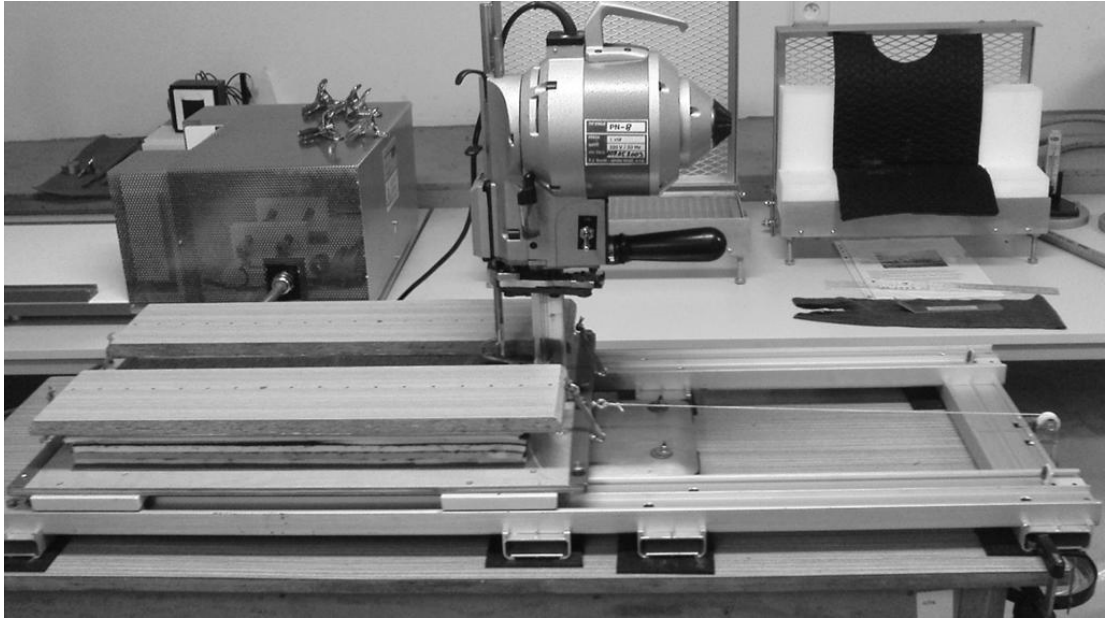
Pro zjištění nejvhodnějšího posuvu nože cutteru do řezu doporučuji instalaci tenzometru. Tato instalace je však velmi finančně i časově náročná. Její výhodou je však možnost využití optimalizace všech parametrů řezání (týkajících se nože a jeho pohybu), jako je rychlost posuvu nože do řezu, rychlost posuvu při vyřezávání křivek, rychlost kmitu nože, vhodná doba ostření nože aj.

**Použitá literatura:**

1. Motejl, V., Stroje a zařízení v oděvní výrobě, SNTL Praha 1984
2. <http://www.robex-dk.cz> , 15. 1. 2009
3. Čtvrtečková, Z., Studie použití nekonvenčních způsobů oddělování a spojování pro textilní materiály, Diplomová práce, TUL 2003
4. [http://en.wikipedia.org/wiki/Water\\_jet\\_cutting](http://en.wikipedia.org/wiki/Water_jet_cutting), 5. 8. 2009
5. <http://laser.zcu.cz/wiki/laserove-rezani> , 10. 11. 2009
6. <http://www.chps.cz/> , 10. 11. 2009
7. <http://www.flowcorp.cz>, 11. 11. 2009
8. Macháň, J., Technologické postupy zpracování papíru a lepenek, Střední odborná škola a Vyšší odborná škola obalové techniky, Štětí 1999
9. Štajnochr, L., Broušení nástrojů, Grada, Praha 2004
10. <http://www.assyst-us.com/index.shtml> , 16. 2. 2010
11. <http://www.gerberetechnology.com>, 20. 2. 2010
12. <http://www.lectra.com>, 28. 2. 2010
13. <http://www.kuris.de/>, 1. 3. 2010
14. <http://www.expertsystemtechnik.de/>, 5. 2. 2010
15. Fung, W., Hardcastle, M., Textiles in automotive engineering, Woodhead Publishing Limited in association with The Textile Institute, 2001
16. [http://www.spszr.cz/~blazicek/Projekt/klik\\_mech/klik/klik\\_mech.htm#rychlost](http://www.spszr.cz/~blazicek/Projekt/klik_mech/klik/klik_mech.htm#rychlost), 10. 5. 2010
17. Informace firmy Fezko Thierry a.s. Strakonice

Příloha č. 1

**Obrazová příloha – Fotografie testovacího zařízení**

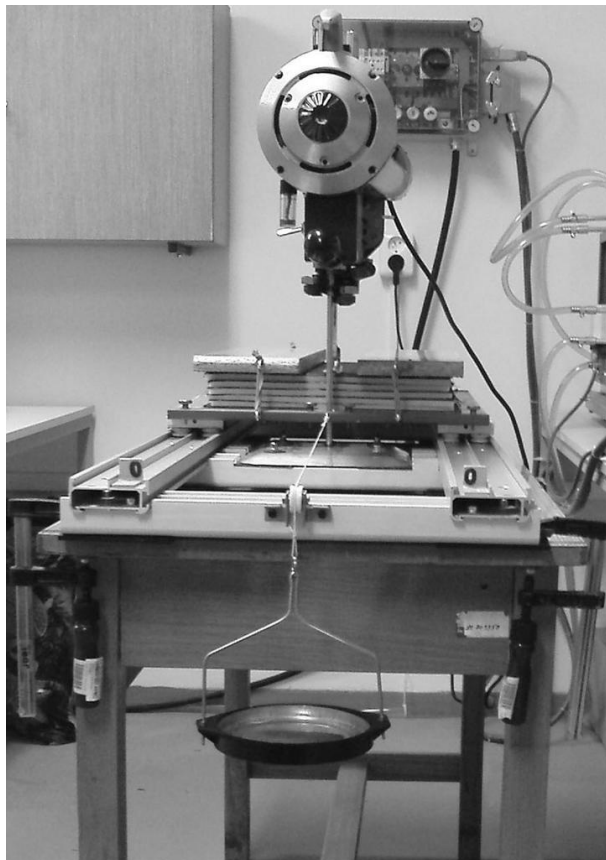


Obrázek I 1: Zobrazení experimentálního zařízení – boční pohled



Obrázek I 2: Zobrazení experimentálního zařízení – nadhled





Obrázek I 3: Zobrazení experimentálního zařízení – přední pohled

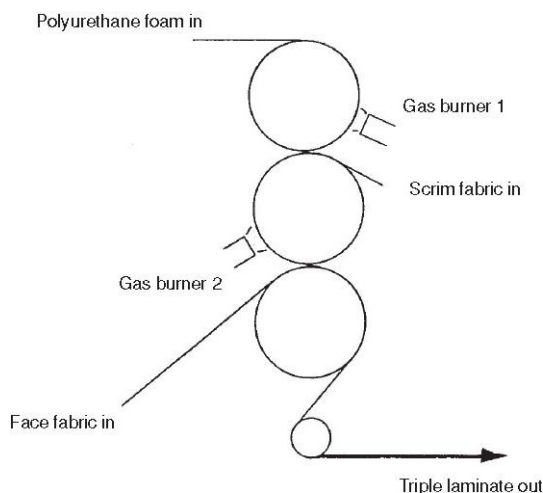
Příloha č. 2

**Rozbor materiálu použitého v experimentu**

### Rozbor materiálu

K experimentu byl použit materiál získaný z firmy Johnoson Controls Česká Lípa. Výrobce materiálu je firma Fezko Thierry a.s. Strakonice. Jedná se o sendvičový materiál, složený ze tří vrstev. Horní vrstvu tvoří tkanina nebo pletenina. Další vrstvou je polyuretanová pěna a spodní vrstvu (podšívku) tvoří zátažná nebo osnovní pletenina. Tento materiál se vyrábí procesem laminace plamenem

Laminace je pojení několika vrstev plošných textilií v jednu., aniž by některá z nich ztratila své určité vlastnosti. Postup výroby laminace plamenem spočívá v natavení polyuretanové pěny plamenem. Textilie se dále pohybuje a dojde ke slisování s řídkou pleteninou, která má funkci podšívky. Poté dojde k natavení polyuretanové pěny z lící strany a slisování s vrchovou textilií. Natavený povrch polyuretanové pěny působí jako pojivo. Princip laminace plamenem viz Obrázek II 1.



Obrázek II 1: Zobrazení principu laminace plamenem [15]

Výhodou laminovaných textilií je plný omak (objemnost), dobré tepelně izolační vlastnosti, vyšší pružnost a lepší odolnost v oděru. Odolnost v oděru je lepší než u samostatné vrchní textilie, neboť polyuretanová pěna propojí příze vrchní textilie a zpevní je. Nevýhodou je horší splývavost. Laminace nesmí mít vliv na vzhled nebo barvu vrchní textilie. Nesmí také ovlivnit další zpracování textilního materiálu. [15]

Pro měření bylo využito materiálu s nejtenčí a nejobjemnější laminací využívaných firmou. Byl tedy použitý materiál o laminaci 2 mm a 8 mm.

### **Materiál laminace 2 mm**

Plošná hmotnost laminovaného materiálu je průměrně 448,3 g/m<sup>2</sup>.

### **Tkanina**

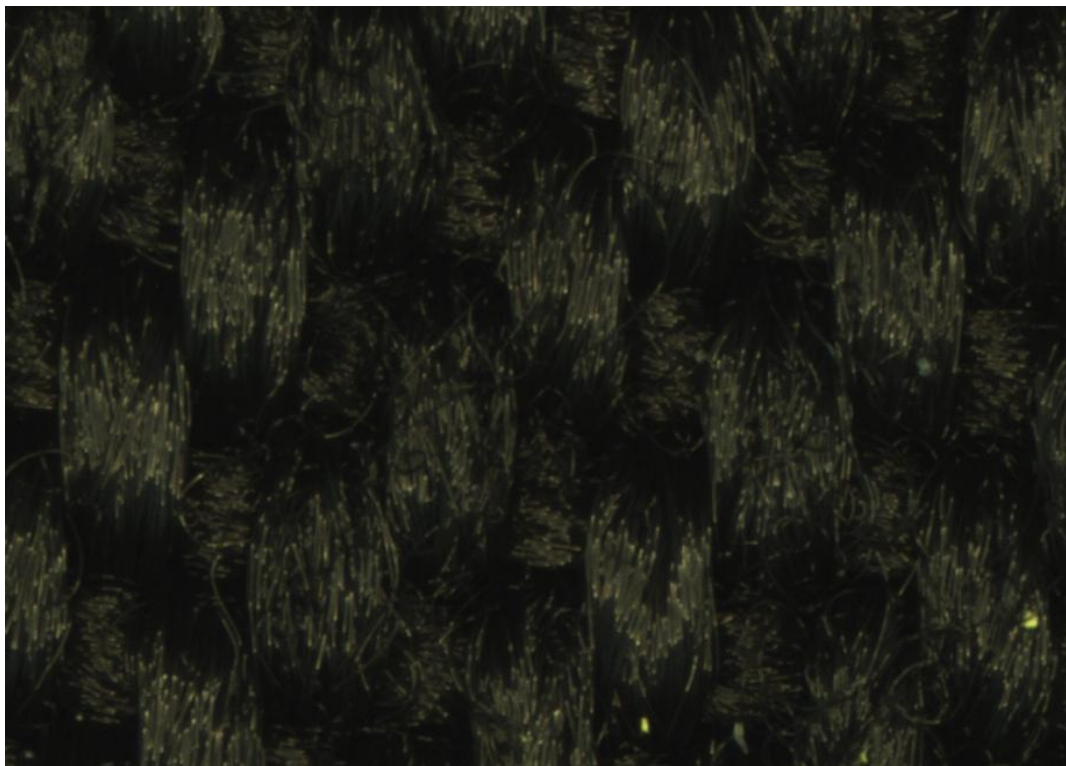
Tkanina tvoří vrchní část laminované textilie. Je tkaná v jednoduché keprové vazbě. Přízi tvoří nekroucený polyesterový multifil černé barvy.

Dostava osnovy je 20 nití / 10 mm, dostava útku 16 nití / 10 mm.

Jemnost osnovních přízí je průměrně 81 tex.

Jemnost útkových přízí je průměrně 78 tex.

Detail této tkaniny je na následujícím obrázku



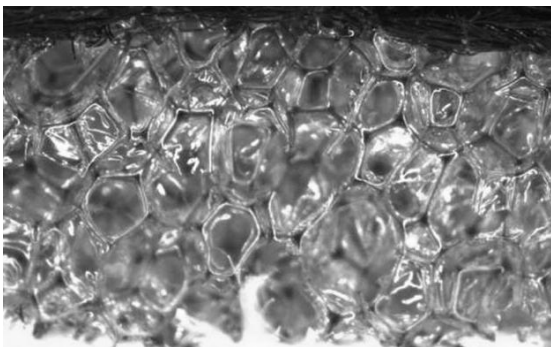
Obrázek II 2: Lící strana materiálu použitého v experimentu diplomové práce

### **Polyuretanová pěna**

Další vrstvou pod vrchní tkaninou je polyuretanová pěna. Tato pěna poskytuje dobrou oporu těla při sezení a tlumí vibrace. Má vysokou prodyšnost a pórovitost. Výhodou je její snadná recyklovatelnost.

Tloušťka pěny je 2 mm. Celková tloušťka materiálu je průměrně 2,53 mm. Tloušťka byla měřena na tloušťkoměru SDL M 034 A, podle normy ČSN EN ISO 5084 (80 0844).

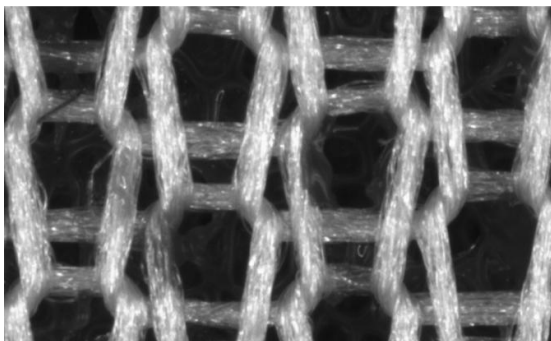
Detail pěny je zřetelný na následujícím obrázku.



Obrázek II 3: Zobrazení průřezu (tloušťky) laminované textilie

### **Pletenina**

Rubová strana této sendvičové textilie je tvořena řídkou pleteninou. Její funkcí je snížení tření mezi potahem sedadla a materiálem sedáku. Jedná se o osnovní pleteninu bílé barvy. Počet řádků je 10 / 10 mm a počet sloupků je 13 / 10 mm. Pletenina je polyesterová, z nekroucené multifilové příze. Její detail je na následujícím obrázku.



Obrázek II 4: Detail pleteniny na rubní straně laminované textilie

### **Materiál laminace 8 mm**

Plošná hmotnost této laminovaná textilie je  $645,9 \text{ g/m}^2$ .

### **Tkanina**

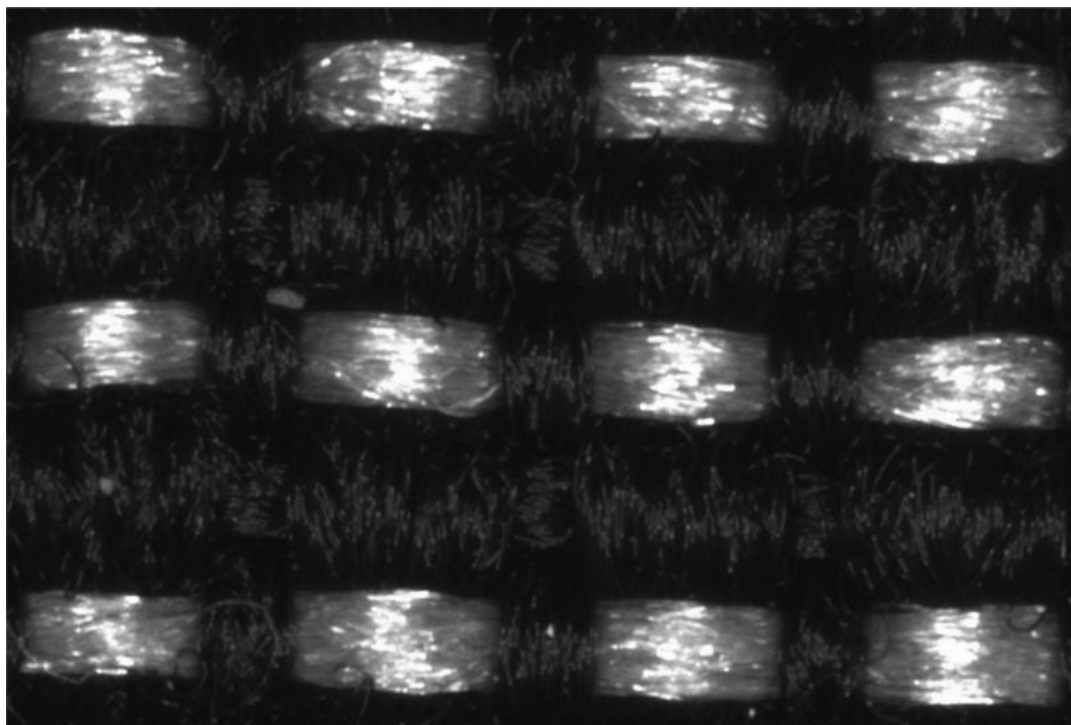
Tkanina tvoří vrchní část laminované textilie. Je tkaná v kombinaci plátňové a atlasové vazby. Přízi tvoří nekroucený polyesterový multifil černé a bílé barvy.

Dostava osnovy je 31 nití / 10 mm, dostava útku 18 nití / 10 mm.

Při tkaní se v útku střídá vždy jedna příze černé a jedna bílé barvy, čímž tvoří jemný vzor.

Jemnost osnovních přízí je průměrně 60 tex. Jemnost útkových přízí je průměrně 56 tex u přízí černé barvy a 50 tex u přízí bílé barvy.

Detail této tkaniny je na následujícím obrázku.



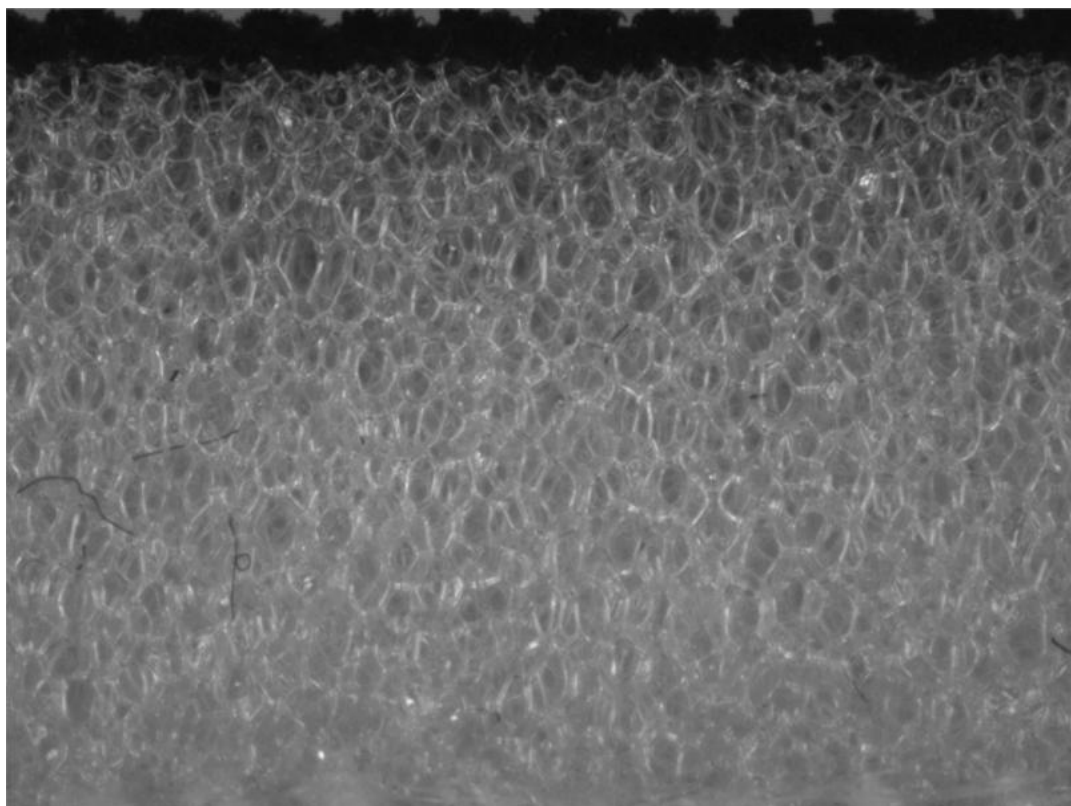
Obrázek II 5: Lící strana materiálu použitého v experimentu diplomové práce

### **Polyuretanová pěna**

Další vrstvou pod vrchní tkaninou je polyuretanová pěna. Tato pěna poskytuje dobrou oporu těla při sezení a tlumí vibrace. Má vysokou prodyšnost a pórovitost. Výhodou je její snadná recyklovatelnost.

Tloušťka pěny je 8mm. Celková tloušťka textilie je průměrně 8,52 mm. Tloušťka byla měřena na tloušťkoměru SDL M 034 A, podle normy ČSN EN ISO 5084 (80 0844).

Její detail je zřetelný na následujícím obrázku.

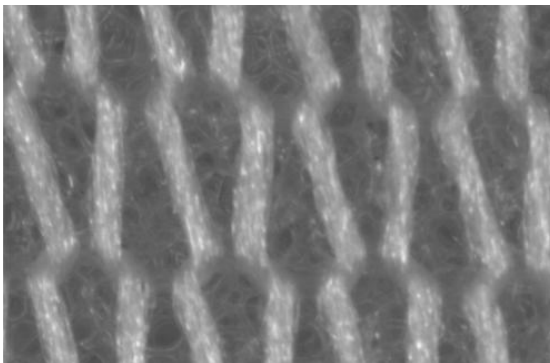


Obrázek II 6: Zobrazení průřezu (tloušťky) laminované textilie

### **Pletenina**

Rubová strana této sendvičové textilie je tvořena řídkou pleteninou. Její funkcí je snížení tření mezi potahem sedadla a materiálem sedáku. Jedná se o hladkou zátažnou pleteninu bílé barvy. Počet řádků je 9 / 10 mm a počet sloupků je 12 / 10 mm.

Pletenina je polyesterová, z nekroucené multifilové příze. Její detail je na následujícím obrázku.



Obrázek II 7: Detail pleteniny na rubní straně laminované textilie



Příloha č. 3

**Průběh měření - tabulky**

### Průběh měření času a dopočet rychlosti posuvu textilie vůči noži

Materiál laminace 2 mm

#### Závaží 1 kg

<b>7 vrstev</b>	čas [s]	2,20	2,40	2,70	2,10	2,50	2,60	2,30	2,50	2,30	2,40
	rychlost[m/min]	13,62	12,48	11,10	14,28	12,00	11,54	13,04	12,00	13,04	12,48
<b>15 vrstev</b>	čas [s]	13,00	11,30	11,40	12,50	11,80	11,50	11,70	12,10	12,50	11,80
	rychlost[m/min]	2,31	2,64	2,63	2,40	2,54	2,61	2,56	2,48	2,40	2,54

#### Závaží 1,25 kg

<b>7 vrstev</b>	čas [s]	1,50	1,70	1,50	1,80	1,70	1,90	1,50	1,60	1,70	1,50
	rychlost[m/min]	20,00	17,65	20,00	16,67	17,65	15,79	20,00	18,75	17,65	20,00
<b>15 vrstev</b>	čas [s]	3,80	4,80	4,60	4,00	4,50	4,70	4,40	4,50	4,30	4,00
	rychlost[m/min]	7,90	6,25	6,52	7,50	6,67	6,38	6,82	6,67	6,98	7,50

#### Závaží 1,5 kg

<b>7 vrstev</b>	čas [s]	1,30	1,50	1,40	1,20	1,50	1,20	1,10	1,30	1,40	1,20
	rychlost[m/min]	23,08	20,00	21,43	25,00	20,00	25,00	27,27	23,08	21,43	25,00
<b>15 vrstev</b>	čas [s]	3,30	3,30	3,20	3,40	3,50	3,60	3,20	3,30	3,50	3,50
	rychlost[m/min]	9,09	9,09	9,38	8,83	8,57	8,33	9,38	9,09	8,57	8,57

#### Závaží 1,75 kg

<b>7 vrstev</b>	čas [s]	1,20	1,00	0,90	1,00	0,90	1,10	1,20	1,10	1,20	1,10
	rychlost[m/min]	25,00	30,00	33,33	30,00	33,33	27,27	25,00	27,27	25,00	27,27
<b>15 vrstev</b>	čas [s]	3,20	3,30	3,10	3,00	3,20	3,00	3,10	3,00	3,20	3,10
	rychlost[m/min]	9,38	9,09	9,68	10,00	9,38	10,00	9,68	10,00	9,38	9,68

#### Závaží 2 kg

<b>7 vrstev</b>	čas [s]	1,00	0,80	0,70	0,90	0,80	0,70	0,90	1,00	0,70	0,80
	rychlost[m/min]	30,00	37,50	42,86	33,33	37,50	42,86	33,33	30,00	42,86	37,50
<b>15 vrstev</b>	čas [s]	2,40	2,50	2,40	2,30	2,40	2,50	2,20	2,30	2,20	2,40
	rychlost[m/min]	12,50	12,00	12,50	13,04	12,50	12,00	13,64	13,04	13,64	12,50

Tabulka III 1: Průběh měření času pro materiál laminace 2 mm - tabulka zaznamenává dobu řezání úseku 0,5 m a následný dopočet rychlosti posuvu

### Statistické výpočty pro materiál laminace 2 mm

#### Závaží 1 kg

7 vrstev		
	průměrná rychlost [m/min]	12,56
	rozptyl [m/min]	0,83548
	směrodatná odchylka [m/min]	0,914
	variační koeficient [%]	7,27
	95 % Interval spolehlivosti	<11,993-13,126>
15 vrstev		
	průměrná rychlost [m/min]	2,51
	rozptyl [m/min]	0,011
	směrodatná odchylka [m/min]	0,1052
	variační koeficient [%]	4,1917
	95 % Interval spolehlivosti	<2,445-2,575>

#### Závaží 1,25 kg

7 vrstev		
	průměrná rychlost [m/min]	18,42
	rozptyl [m/min]	2,185
	směrodatná odchylka [m/min]	1,478
	variační koeficient [%]	8,025
	95 % Interval spolehlivosti	<17,504-19,336>
15 vrstev		
	průměrná rychlost [m/min]	6,92
	rozptyl [m/min]	0,267
	směrodatná odchylka [m/min]	0,517
	variační koeficient [%]	7,47
	95 % Interval spolehlivosti	<6,6-7,24>

#### Závaží 1,5 kg

7 vrstev		
	průměrná rychlost [m/min]	23,13
	rozptyl [m/min]	5,301
	směrodatná odchylka [m/min]	2,302
	variační koeficient [%]	9,95
	95 % Interval spolehlivosti	<21,703-24,557>
15 vrstev		
	průměrná rychlost [m/min]	8,89
	rozptyl [m/min]	0,122
	směrodatná odchylka [m/min]	0,35
	variační koeficient [%]	3,94
	95 % Interval spolehlivosti	<8,673-9,107>

**Závaží 1,75 kg**

<b>7 vrstev</b>	
průměrná rychlost [m/min]	28,35
rozptyl [m/min]	9,221
směrodatná odchylka [m/min]	3,036
variační koeficient [%]	10,71
95 % Interval spolehlivosti	<26,468-30,232>
<b>15 vrstev</b>	
průměrná rychlost [m/min]	9,63
rozptyl [m/min]	0,09
směrodatná odchylka [m/min]	0,3
variační koeficient [%]	3,11
95 % Interval spolehlivosti	<9,444-9,816>

**Závaží 2 kg**

<b>7 vrstev</b>	
průměrná rychlost [m/min]	36,77
rozptyl [m/min]	22,82
směrodatná odchylka [m/min]	4,777
variační koeficient [%]	12,99
95 % Interval spolehlivosti	<33,809-39,731>
<b>15 vrstev</b>	
průměrná rychlost [m/min]	12,74
rozptyl [m/min]	0,313
směrodatná odchylka [m/min]	0,559
variační koeficient [%]	4,39
95 % Interval spolehlivosti	<12,394-13,086>

Tabulka III 2: Statistické výpočty pro materiál lamince 2 mm

### Průběh měření času a dopočet rychlosti posuvu textilie vůči noži

Materiál laminace 8 mm

#### Závaží 1 kg

3 vrstvy	čas [s]	2,50	2,80	2,30	2,60	2,40	2,20	2,60	2,40	2,50	2,70
	rychlost[m/min]	12,00	10,72	13,04	11,54	12,50	13,64	11,54	12,50	12,00	11,11
5 vrstev	čas [s]	13,20	12,80	12,50	13,60	13,40	12,90	13,30	13,10	12,90	13,50
	rychlost[m/min]	2,27	2,34	2,40	2,21	2,24	2,33	2,26	2,29	2,33	2,22

#### Závaží 1,25 kg

3 vrstvy	čas [s]	1,80	1,70	1,90	1,80	2,00	2,10	1,90	1,80	2,00	1,90
	rychlost[m/min]	16,67	17,65	15,79	16,67	15,00	14,23	15,79	16,67	15,00	15,79
5 vrstev	čas [s]	5,40	4,80	5,10	5,30	4,90	4,70	5,20	5,00	4,70	5,50
	rychlost[m/min]	5,56	6,25	5,88	5,64	6,12	6,38	5,77	6,00	6,28	5,45

#### Závaží 1,5 kg

3 vrstvy	čas [s]	1,60	1,50	1,70	1,50	1,30	1,30	1,40	1,50	1,30	1,60
	rychlost[m/min]	18,75	20,00	17,65	20,00	23,08	23,08	21,43	20,00	23,08	18,75
5 vrstev	čas [s]	3,20	2,80	2,90	3,40	2,70	2,60	3,30	2,90	3,10	3,00
	rychlost[m/min]	9,38	10,72	10,34	8,83	11,11	11,54	9,09	10,34	9,68	10,00

#### Závaží 1,75 kg

3 vrstvy	čas [s]	1,00	1,10	1,00	1,10	1,10	1,00	1,00	1,10	1,10	1,00
	rychlost[m/min]	30,00	27,27	30,00	27,27	27,27	30,00	30,00	27,27	27,27	30,00
5 vrstev	čas [s]	1,80	2,00	1,70	2,10	2,20	1,90	2,10	1,80	2,30	1,70
	rychlost[m/min]	16,67	15,00	17,65	14,29	13,64	15,79	14,29	16,67	13,04	17,65

#### Závaží 2 kg

3 vrstvy	čas [s]	0,80	0,70	0,80	0,90	0,70	0,80	0,80	0,70	0,90	0,70
	rychlost[m/min]	37,50	42,86	37,50	33,33	42,86	37,50	37,50	42,86	33,33	42,86
5 vrstev	čas [s]	1,50	1,70	1,60	1,30	1,40	1,70	1,50	1,40	1,30	1,60
	rychlost[m/min]	20,00	17,65	18,75	23,08	21,43	17,65	20,00	21,43	23,08	18,75

Tabulka III 3: Průběh měření času pro materiál laminace 8 mm - tabulka zaznamenává dobu řezání úseku 0,5 m a následný dopočet rychlosti posuvu

**Statistické výpočty pro materiál laminace 8 mm**

**Závaží 1 kg**

<b>3 vrstvy</b>		
	průměrná rychlost [m/min]	12,06
	rozptyl [m/min]	0,709
	směrodatná odchylka [m/min]	0,842
	variační koeficient [%]	6,98
	95 % Interval spolehlivosti	<11,538-12,582>
<b>5 vrstev</b>		
	průměrná rychlost [m/min]	2,29
	rozptyl [m/min]	0,003
	směrodatná odchylka [m/min]	0,057
	variační koeficient [%]	2,5
	95 % Interval spolehlivosti	<2,255-2,325>

**Závaží 1,25 kg**

<b>3 vrstvy</b>		
	průměrná rychlost [m/min]	15,93
	rozptyl [m/min]	0,928
	směrodatná odchylka [m/min]	0,963
	variační koeficient [%]	6,05
	95 % Interval spolehlivosti	<15,333-16,527>
<b>5 vrstev</b>		
	průměrná rychlost [m/min]	5,93
	rozptyl [m/min]	0,095
	směrodatná odchylka [m/min]	0,308
	variační koeficient [%]	5,19
	95 % Interval spolehlivosti	<5,739-6,121>

**Závaží 1,5 kg**

<b>3 vrstvy</b>		
	průměrná rychlost [m/min]	20,58
	rozptyl [m/min]	3,576
	směrodatná odchylka [m/min]	1,891
	variační koeficient [%]	9,19
	95 % Interval spolehlivosti	<19,408-21,752>
<b>5 vrstev</b>		
	průměrná rychlost [m/min]	10,1
	rozptyl [m/min]	0,693
	směrodatná odchylka [m/min]	0,833
	variační koeficient [%]	8,24
	95 % Interval spolehlivosti	<9,584-10,616>

**Závaží 1,75 kg**

<b>3 vrstvy</b>		
	průměrná rychlost [m/min]	28,64
	rozptyl [m/min]	1,863
	směrodatná odchylka [m/min]	1,365
	variační koeficient [%]	4,77
	95 % Interval spolehlivosti	<27,794-29,486>
<b>5 vrstev</b>		
	průměrná rychlost [m/min]	15,47
	rozptyl [m/min]	2,475
	směrodatná odchylka [m/min]	1,573
	variační koeficient [%]	10,17
	95 % Interval spolehlivosti	<14,495-16,445>

**Závaží 2 kg**

<b>3 vrstvy</b>		
	průměrná rychlost [m/min]	38,81
	rozptyl [m/min]	13,254
	směrodatná odchylka [m/min]	3,64
	variační koeficient [%]	9,38
	95 % Interval spolehlivosti	<36,554-41,066>
<b>5 vrstev</b>		
	průměrná rychlost [m/min]	20,18
	rozptyl [m/min]	3,69
	směrodatná odchylka [m/min]	1,921
	variační koeficient [%]	9,52
	95 % Interval spolehlivosti	<18,989-21,371>

Tabulka III 4: Statistické výpočty pro materiál laminace 8 mm

### Průběh doplňujícího měření

čas [s]	0,4	0,3	0,5	0,4	0,3
rychlost [m/min]	75,00	100,00	60,00	75,00	100,00

Tabulka III 5: Průběh doplňujícího měření (zátěž 4 kg) – tabulka zaznamenává dobu řezání úseku 0,5 m a následný dopočet rychlosti

### Statistické výpočty

průměrná rychlost [m/min]	82
rozptyl [m/min]	246
směrodatná odchylka [m/min]	15,684
variační koeficient [%]	19,005
95 % Interval spolehlivosti	<68,253-95,747>

Tabulka III 6: Statistické výpočty pro zátěž 4 kg – doplňující měření



**Průběh měření pro porovnání rychlostí posuvu se stejnou výškou nálože**

Materiál laminace 2 mm, výška nálože přibližně 33 mm

**Závaží 1 kg**

<b>13 vrstev</b>	čas [s]	10,80	11,30	11,00	11,50	11,10	11,20	10,90	11,60	11,30	11,70
	rychlost [m/min]	2,78	2,65	2,72	2,61	2,70	2,68	2,75	2,59	2,65	2,56

**Závaží 1,25 kg**

<b>13 vrstev</b>	čas [s]	3,60	3,80	3,70	3,50	3,60	3,90	3,50	3,70	3,90	3,80
	rychlost [m/min]	8,33	7,89	8,11	8,57	8,33	7,69	8,57	8,11	7,69	7,89

**Závaží 1,5 kg**

<b>13 vrstev</b>	čas [s]	2,50	2,30	2,80	2,60	2,40	2,90	2,50	2,80	2,30	2,50
	rychlost [m/min]	12,00	13,04	10,71	11,54	12,50	10,34	12,00	10,71	13,04	12,00

**Závaží 1,75 kg**

<b>13 vrstev</b>	čas [s]	2,30	2,00	2,10	2,20	1,90	2,20	1,90	2,30	2,10	2,20
	rychlost [m/min]	13,04	15,00	14,29	13,64	15,79	13,64	15,79	13,04	14,29	13,64

**Závaží 2 kg**

<b>13 vrstev</b>	čas [s]	1,50	1,70	1,40	1,50	1,70	1,60	1,40	1,50	1,70	1,80
	rychlost [m/min]	20,00	17,65	22,51	20,00	17,65	18,75	22,51	20,00	17,65	16,67

Tabulka III 7: Průběh měření času pro stejnou výšku nálože laminace 2 mm – tabulka zaznamenává dobu řezání úseku 0,5 m a následný dopočet rychlosti posuvu

### Statistické výpočty

Materiál laminace 2 mm

#### Závaží 1 kg

##### 13 vrstev

průměrná rychlost [m/min]	2,67
rozptyl [m/min]	0,004
směrodatná odchylka [m/min]	0,067
variační koeficient [%]	2,51
95 % Interval spolehlivosti	<2,628-2,712>

#### Závaží 1,25 kg

##### 13 vrstev

průměrná rychlost [m/min]	8,12
rozptyl [m/min]	0,097
směrodatná odchylka [m/min]	0,311
variační koeficient [%]	3,83
95 % Interval spolehlivosti	<7,927-8,313>

#### Závaží 1,5 kg

##### 13 vrstev

průměrná rychlost [m/min]	11,79
rozptyl [m/min]	0,826
směrodatná odchylka [m/min]	0,909
variační koeficient [%]	7,71
95 % Interval spolehlivosti	<11,227-12,353>

#### Závaží 1,75 kg

##### 13 vrstev

průměrná rychlost [m/min]	14,22
rozptyl [m/min]	0,934
směrodatná odchylka [m/min]	0,967
variační koeficient [%]	6,8
95 % Interval spolehlivosti	<13,621-14,819>

#### Závaží 2 kg

##### 13 vrstev

průměrná rychlost [m/min]	19,34
rozptyl [m/min]	3,745
směrodatná odchylka [m/min]	1,935
variační koeficient [%]	10,01
95 % Interval spolehlivosti	<18,141-20,539>

Tabulka III 8: Statistické výpočty pro porovnání rychlostí – materiál laminace 2 mm

Materiál laminace 8 mm, výška nálože přibližně 34 mm

**Závaží 1 kg**

4 vrstvy	čas [s]	7,30	6,80	7,00	7,20	6,90	7,10	6,70	7,40	6,90	7,20
	rychlost [m/min]	4,11	4,41	4,29	4,17	4,35	4,23	4,48	4,05	4,35	4,17

**Závaží 1,25 kg**

4 vrstvy	čas [s]	3,30	2,80	3,10	3,40	2,90	2,70	3,10	3,20	2,70	3,50
	rychlost [m/min]	9,09	10,71	9,68	8,82	10,34	11,11	9,68	9,38	11,11	8,57

**Závaží 1,5 kg**

4 vrstvy	čas [s]	1,70	1,50	1,80	1,70	1,60	1,90	2,00	1,70	1,90	1,80
	rychlost [m/min]	17,65	20,00	16,67	17,65	18,75	15,79	15,00	17,65	15,79	16,67

**Závaží 1,75 kg**

4 vrstvy	čas [s]	1,20	1,30	1,20	1,40	1,30	1,40	1,20	1,30	1,40	1,20
	rychlost [m/min]	25,00	23,08	25,00	21,43	23,08	21,43	25,00	23,08	21,43	25,00

**Závaží 2 kg**

4 vrstvy	čas [s]	1,00	1,10	1,10	0,90	1,00	1,00	1,10	0,90	1,10	1,00
	rychlost [m/min]	30,00	27,27	27,27	33,33	30,00	30,00	27,27	33,33	27,27	30,00

Tabulka III 9: Průběh měření času pro stejnou výšku nálože laminace 8 mm – tabulka zaznamenává dobu řezání úseku 0,5 m a následný dopočet rychlosti posuvu

### Statistické výpočty

Materiál laminace 8 mm

#### Závaží 1 kg

##### 4 vrstvy

průměrná rychlost [m/min]	4,26
rozptyl [m/min]	0,017
směrodatná odchylka [m/min]	0,131
variační koeficient [%]	3,08
95 % Interval spolehlivosti	<4,179-4,341>

#### Závaží 1,25 kg

##### 4 vrstvy

průměrná rychlost [m/min]	9,85
rozptyl [m/min]	0,771
směrodatná odchylka [m/min]	0,878
variační koeficient [%]	8,91
95 % Interval spolehlivosti	<9,306-10,394>

#### Závaží 1,5 kg

##### 4 vrstvy

průměrná rychlost [m/min]	17,16
rozptyl [m/min]	2,021
směrodatná odchylka [m/min]	1,422
variační koeficient [%]	8,29
95 % Interval spolehlivosti	<16,279-18,041>

#### Závaží 1,75 kg

##### 4 vrstvy

průměrná rychlost [m/min]	23,35
rozptyl [m/min]	2,216
směrodatná odchylka [m/min]	1,489
variační koeficient [%]	6,38
95 % Interval spolehlivosti	<22,427-24,273>

#### Závaží 2 kg

##### 4 vrstvy

průměrná rychlost [m/min]	29,57
rozptyl [m/min]	5,017
směrodatná odchylka [m/min]	2,24
variační koeficient [%]	7,58
95 % Interval spolehlivosti	<28,182-30,958>

Tabulka III 10: Statistické výpočty pro porovnání rychlostí – materiál laminace 8 mm

**Průběh testování otupení nože**

<b>úsek řezání [m]</b>	<b>0,5</b>	<b>1</b>	<b>1,5</b>	<b>2</b>	<b>2,5</b>	<b>3</b>	<b>3,5</b>	<b>4</b>	<b>4,5</b>	<b>5</b>
<b>čas [s]</b>	2,5	2,4	2,6	2,6	2,7	2,6	2,9	3,1	3,4	3,5
<b>rychlost [m/min]</b>	12	12,5	11,54	11,54	11,11	11,54	10,35	9,68	8,82	8,57

<b>úsek řezání [m]</b>	<b>5,5</b>	<b>6</b>	<b>6,5</b>	<b>7</b>	<b>7,5</b>	<b>8</b>	<b>8,5</b>	<b>9</b>	<b>9,5</b>	<b>10</b>
<b>čas [s]</b>	3,8	3,9	4	4,5	4,8	5,2	5,7	6,1	6,6	7,5
<b>rychlost [m/min]</b>	7,89	7,69	7,5	6,67	6,25	5,77	5,26	4,92	4,55	4

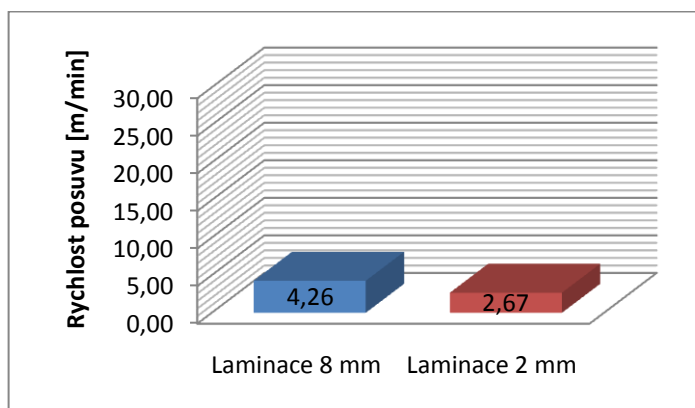
Tabulka III 11: Průběh měření při zjišťování otupení nože – tabulka zaznamenává snižování rychlosti vlivem otupení nože

Příloha č. 4

**Porovnání průběhu měření - grafy**

### Srovnání průměrných rychlostí posuvu textilií laminace 8 mm a 2mm při řezání

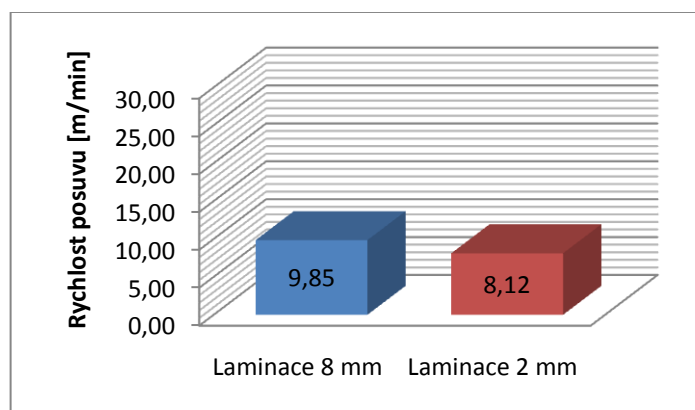
Zátěž 1 kg



Graf IV 1: Porovnání průměrných rychlostí posuvu při zátěži 1 kg

U laminace 8 mm byla rychlost vyvolaná tíhovou silou 9,807 N (1 kg) vyšší o 37,32% než u laminace 2 mm.

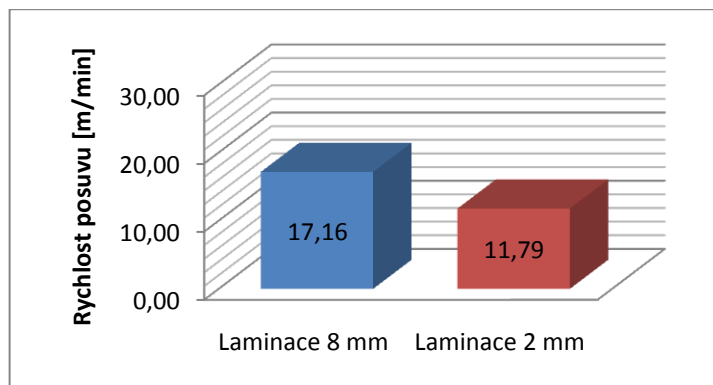
Zátěž 1,25 kg



Graf IV 2: Porovnání průměrných rychlostí posuvu při zátěži 1,25 kg

U laminace 8 mm byla rychlost vyvolaná tíhovou silou 12,258 N (1,25 kg) vyšší o 17,56% než u laminace 2 mm.

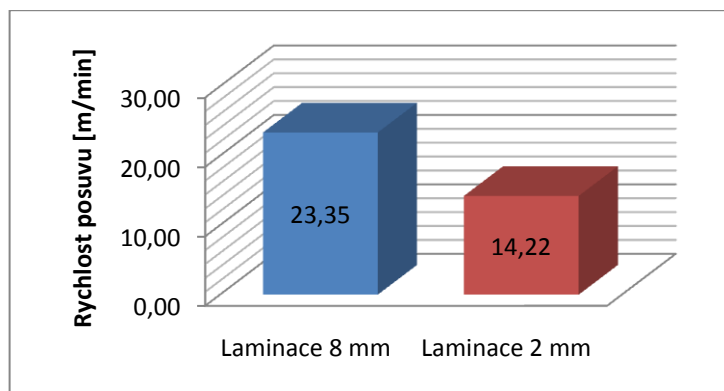
Zátěž 1,5 kg



Graf IV 3: Porovnání průměrných rychlostí posuvu při zátěži 1,5 kg

U laminace 8 mm byla rychlost vyvolaná tíhovou silou 14,71 N (1,5 kg) vyšší o 31,29% než u laminace 2 mm.

Zátěž 1,75 kg

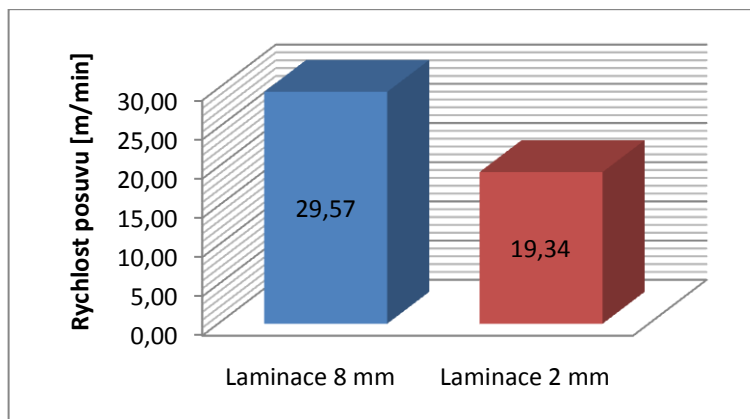


Graf IV 4: Porovnání průměrných rychlostí posuvu při zátěži 1,75 kg

U laminace 8 mm byla rychlost vyvolaná tíhovou silou 17,162 N (1,75 kg) vyšší o 39,1% než u laminace 2 mm.



Zátěž 2kg



Graf IV 5: Porovnání průměrných rychlostí posuvu při zátěži 2 kg

U laminace 8 mm byla rychlost vyvolaná tíhovou silou 19,613 N (2kg) vyšší o 34,59% než u laminace 2 mm.